VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

NICOLAVS COPERNICVS
Mathematicus.



Quid tum? si mihi terra mouetur, Solq; qui escit,
Ac cœlum: constat calculus inde meus.

M. D. XLI.

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

КЛАССИКИ НАУКИ



НИКОЛАЙ КОПЕРНИК



О ВРАЩЕНИЯХ НЕБЕСНЫХ СФЕР

•

МАЛЫЙ КОММЕНТАРИЙ

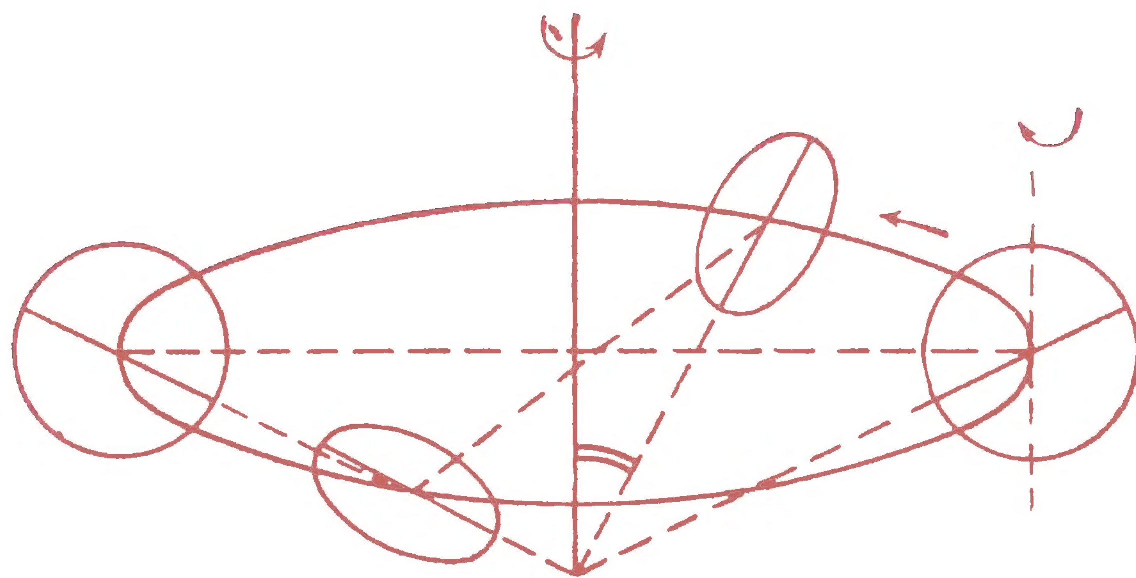
•

ПОСЛАНИЕ ПРОТИВ ВЕРНЕРА

•

УПСАЛЬСКАЯ ЗАПИСЬ

ПЕРЕВОД ПРОФ. И. Н. ВЕСЕЛОВСКОГО
СТАТЬЯ и ОБЩАЯ РЕДАКЦИЯ
ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА АН СССР
А. А. МИХАЙЛОВА



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
1964

УДК 521.15

СЕРИЯ «КЛАССИКИ НАУКИ»

основана академиком *С. И. Вавиловым*

Редакционная коллегия

академик *И. Г. Петровский*, академик *А. А. Имшенецкий*, академик *Б. А. Казанский*, член-корр. АН СССР *Б. Н. Делоне*, член-корр. АН СССР *Б. М. Кедров*, проф. *В. П. Зубов*, проф. *И. В. Кузнецов*, проф. *А. В. Лебединский*, проф. *Л. С. Полак*, проф. *Н. А. Фигуровский*, проф. *И. И. Шафрановский*

От редакции

Астрономическая наука зародилась в глубокой древности. Изучение звездного неба было вызвано практическими потребностями: необходимостью измерять время и создать систему календаря, а также ориентироваться на земной поверхности, в особенности при мореплавании. В связи с этим были определены положения более ярких «неподвижных» звезд на небесной сфере, изучено суточное вращение звездного неба, найдено семь подвижных светил, названных планетами, к которым причисляли Солнце и Луну, изучено видимое движение планет и созданы геометрические теории, представлявшие эти движения с достаточной для того времени точностью.

В наиболее полном и законченном виде древняя астрономическая теория была изложена греческим ученым Птолемеем в середине II в. н. э. в сочинении, известном под арабским названием «Альмагест». В течение полуторы тысячи лет «Альмагест» представлял собой систематизированную сводку астрономических знаний, накопленных в течение многих предшествовавших веков. Эта сводка исходила из казавшегося очевидным положения, что центром Вселенной является Земля, вокруг которой движутся планеты и вращается весь небосвод с прикрепленными к нему звездами, почему соответствующая система получила название геоцентрической. Неравномерности наблюдаемых движений планет представлялись сложением нескольких равномерных круговых движений по так называемым эпициклам.

Как формальная геометрическая схема геоцентрическая теория описывала лишь внешние особенности видимых движений небесных светил, не раскрывая действительного строения ни планетной, ни тем более звездной системы. Этим объясняется тот застой, который господствовал в астрономии наряду со всем естествознанием в средние века. Астрономическая наука зашла в тупик, из которого выход мог быть найден лишь путем раскрытия истинного строения солнечной системы. Этот выход был дан Коперником в бессмертном труде, изданном в год его смерти — 1543 г. Коперник объяснил видимое суточное движение небесного свода вращением Земли вокруг оси в противоположном направлении и видимое годичное движение Солнца по звездному небу — движением Земли вокруг

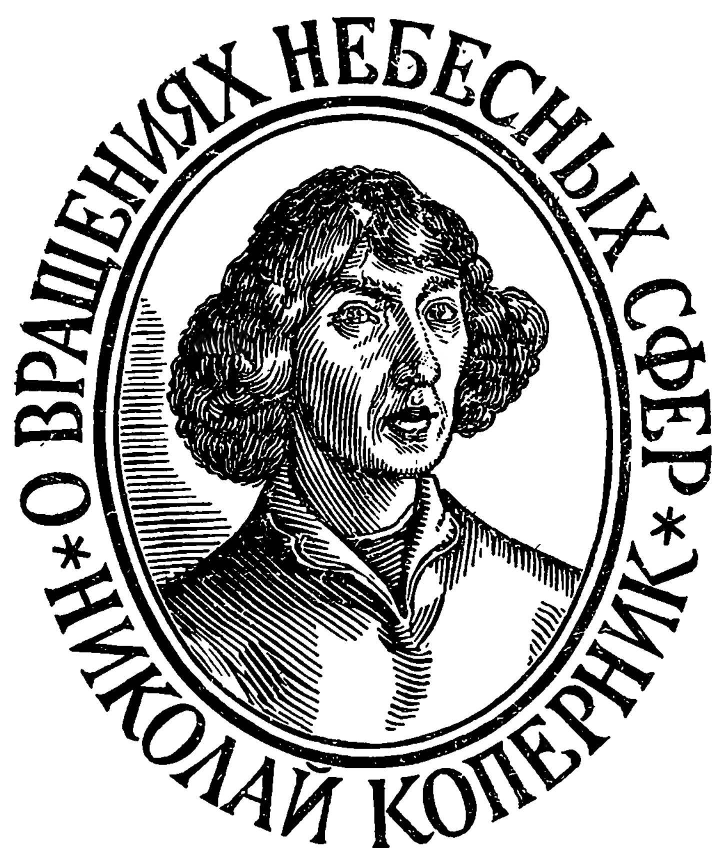
Солнца наряду со всеми остальными планетами, кроме Луны, которая оказалась спутником Земли. Этим было раскрыто истинное строение солнечной планетной системы и определено положение Земли во Вселенной.

С этого времени начинается изучение космоса все ускоряющимися темпами. Если Коперник еще не мог отрешиться от эксцентрических кругов и эпициклов для объяснения небольших остающихся неравномерностей в движении планет, то Кеплер объяснил их, открыв три закона планетных движений. Ньютон в свою очередь показал, что эти законы являются следствием более общего принципа — всемирного тяготения, положив начало новой науки — небесной механики, получившей полное развитие в трудах ряда крупнейших математиков XVIII и XIX вв. Отсюда идет непрерывный ряд работ и исследований, завершившийся в наше время созданием искусственных небесных тел и осуществлением космических полетов.

Образно выражаясь, можно сказать, что до Коперника люди были отгорожены от космоса глухой стеной. Коперник проделал в этой стене широкие ворота, через которые человеческий ум устремился в бездны Вселенной.

До издания своего основного труда «О вращениях небесных сфер» Коперник составил краткое рукописное изложение гелиоцентрической системы мира под названием «Commentariolus», т. е. «Малый комментарий», а в печатном виде основы теории Коперника были впервые опубликованы в 1540 г. учеником Коперника Ретиком в брошюре под названием «Первое повествование». Все эти сочинения были написаны по-латыни.

На русском языке труд Коперника в полном виде издается впервые. Вместе с ним печатаются и переводы «Малого комментария» и «Первого повествования». Перевод со сличением между собой различных латинских изданий и с рукописью самого Коперника выполнен профессором И. Н. Веселовским, который составил и большинство примечаний. Перевод был просмотрен известным латинистом проф. Ф. А. Петровским, а общее редактирование произведено членом-корреспондентом Академии наук СССР А. А. Михайловым.


О ВРАЩЕНИЯХ НЕБЕСНЫХ СФЕР * НИКОЛАЙ КОПЕРНИК *

NICOLAI CO-PERNICI TORINENSIS DE REVOLUTIONIBUS ORBIUM coelestium, Libri VI.

Habes in hoc opere iam recens nato, & ædito, studiose lector, Motus stellarum, tam fixarum, quàm erraticarum, cum ex ueteribus, tum etiam ex recentibus obseruationibus restitutos: & nouis insuper ac admirabilibus hypothesibus ornatos. Habes etiam Tabulas expeditissimas, ex quibus eosdem ad quoduis tempus quàm facillime calculare poteris. Igitur eme, lege, fruere.

Ἀγεωμέτρητος οὐδεὶς εἰσίτω.

Norimbergæ apud Ioh. Petreium,
Anno M. D. XLIII.

НИКОЛАЯ КОПЕРНИКА
ТОРУНСКОГО

О ВРАЩЕНИЯХ НЕБЕСНЫХ СФЕР

ШЕСТЬ КНИГ

Μηδεις
ἀγεωμέτρητος
εἰσίτω[1]

Святейшему повелителю
великому понтифику Павлу III 2

предисловие Николая Коперника к книгам о вращениях

Я достаточно хорошо понимаю, святейший отец, что как только некоторые узнают, что в этих моих книгах, написанных о вращениях мировых сфер, я придал земному шару некоторые движения, они тотчас же с криком будут поносить меня и такие мнения. Однако не до такой уж степени мне нравятся мои произведения, чтобы не обращать внимания на суждения о них других людей. Но я знаю, что размышления человека философа далеки от суждений толпы, так как он занимается изысканием истины во всех делах, в той мере как это позволено богом человеческому разуму. Я полагаю также, что надо избегать мнений, чуждых правды.

Наедине сам с собой я долго размышлял, до какой степени нелепой
моя ἀκρόαμα покажется тем, которые на основании суждения многих ве- 3
ков считают твердо установленным, что Земля неподвижно расположе-
на в середине неба, являясь как бы его центром, лишь только они узнают,
что я, вопреки этому мнению, утверждаю о движении Земли. Поэтому я
долго в душе колебался, следует ли выпускать в свет мои сочинения, на-
писанные для доказательства движения Земли, и не будет ли лучше по-
следовать примеру пифагорейцев и некоторых других, передававших
тайны философии не письменно, а из рук в руки, и только родным и друзь-
ям, как об этом свидетельствует послание Лисида к Гиппарху. Мне ка- 4
жется, что они, конечно, делали это не из какой-то ревности к сообща-
емым учениям, как полагают некоторые, а для того, чтобы прекраснейшие
исследования, полученные большим трудом великих людей, не подверг-
лись презрению тех, кому лень хорошо заняться какими-нибудь
науками, если они не принесут им прибыли, или если увещания и
пример других подвигнут их к занятиям свободными науками и филосо-
фией, то они вследствие скудости ума будут вращаться среди философов,
как трутни среди пчел. Когда я все это взвешивал в своем уме, то боязнь

презрения за новизну и бессмысленность моих мнений чуть было не побудила меня отказаться от продолжения задуманного произведения.

Но меня, долго медлившего и даже проявлявшего нежелание, увлекли мои друзья, среди которых первым был Николай Шонберг, капуанский кардинал,— муж, знаменитый во всех родах наук, и необычайно меня любящий человек Тидеманн Гизий, кульмский епископ, очень преданный божественным и вообще всем добрым наукам. Именно последний часто увещевал меня и настоятельно требовал иногда даже с порицаниями, чтобы я закончил свой труд и позволил увидеть свет этой книге, которая скрывалась у меня не только до девятого года, но даже до четвертого де-
5 вятилетия. То же самое говорили мне многие и другие выдающиеся и ученейшие люди, увещевавшие не медлить дольше и не опасаться обнародовать мой труд для общей пользы занимающихся математикой. Они говорили, что чем бессмысленнее в настоящее время покажется многим мое учение о движении Земли, тем больше оно покажется удивительным и заслужит благодарности после издания моих сочинений, когда мрак будет рассеян яснейшими доказательствами. Побужденный этими советчиками и упомянутой надеждой, я позволил, наконец, моим друзьям издать труд, о котором они долго меня просили.

Может быть, Твое Святейшество будет удивляться не только тому, что я осмелился выпустить в свет мои размышления, после того как я положил столько труда на их разработку и уже не колеблюсь изложить письменно мои рассуждения о движении Земли, но Твое Святейшество скорее ожидает от меня услышать, почему, вопреки общепринятому мнению математиков и даже, пожалуй, вопреки здравому смыслу, я осмелился вообразить какое-нибудь движение Земли. Поэтому я не хочу скрывать от Твоего Святейшества, что к размышлениям о другом способе расчета движений мировых сфер меня побудило именно то, что сами математики не имеют у себя ничего вполне установленного относительно исследований этих движений.

Прежде всего, они до такой степени неуверены в движении Солнца и Луны, что не могут при помощи наблюдений и вычислений точно установить на все времена величину тропического года. Далее при определении движений как этих светил, так и других пяти блуждающих звезд они не пользуются одними и теми же принципами и предпосылками или одинаковыми способами представления видимых вращений и движений;
6 действительно, одни употребляют только гомоцентрические круги, другие— эксцентры и эпициклы, и все-таки не получается полного достижения желаемого. Хотя многие полагавшиеся только на гомоцентры и могли доказать, что при помощи их можно путем сложения получать некоторые неравномерные движения, однако они все же не сумели на основании своих теорий установить чего-нибудь надежного, бесспорно соответствовавшего наблюдающимся явлениям. Те же, которые измыслили эксцен-

трические круги, хотя при их помощи и получили числовые результаты, в значительной степени сходные с видимыми движениями, однако должны были допустить многое, по-видимому, противоречащее основным прин- 7
ципам равномерности движения. И самое главное, так они не смогли определить форму мира и точную соразмерность его частей. Таким образом, с ними получилось то же самое, как если бы кто-нибудь набрал из различных мест руки, ноги, голову и другие члены, нарисованных хотя и отлично, но не в масштабе одного и того же тела; ввиду полного несоответствия друг с другом из них, конечно, скорее составилось бы чудовище, а не человек.

Итак, обнаруживается, что в процессе доказательства, которое называется μέθοδον, они или пропустили что-нибудь необходимое, или допустили что-то чуждое и никак не относящееся к делу. Этого не могло бы случиться, если бы они следовали истинным началам. Действительно, если бы принятые ими гипотезы не были ложными, то, вне всякого сомнения, полученные из них следствия оправдались бы. Может быть, то, о чем я сейчас говорю, и кажется темным, но в свое время оно будет более ясным.

Так вот, после того как в течение долгого времени я обдумывал ненадежность математических традиций относительно установления движений мировых сфер, я стал досадовать, что у философов не существует никакой более надежной теории движений мирового механизма, который ради нас создан великолепнейшим и искуснейшим творцом всего, а ведь в других областях эти философы так успешно изучали вещи, ничтожнейшие по сравнению с миром. Поэтому я принял на себя труд перечитать книги всех философов, которые только мог достать, желая найти, не высказывал ли когда кто-нибудь мнения, что у мировых сфер существуют движения, отличные от тех, которые предполагают преподающие в математических школах. Сначала я нашел у Цицерона, что Никет высказывал мне- 8
ние о движении Земли, затем я встретил у Плутарха, что этого взгляда держались и некоторые другие. Чтобы это было всем ясно, я решил привести здесь слова Плутарха: Οἱ μὲν ἄλλοι μένειν τὴν γῆν, Φιλόλαος δὲ Πυθαγόρειος κύκλῳ περιφέρεσθαι περὶ τὸ πῦρ κατὰ κυκλοῦ λοξοῦ ὁμοιοτρόπως ἡλίῳ καὶ σελήνῃ. Ἡρακλείδης ὁ Ποντικὸς καὶ Ἔκφαντος ὁ Πυθαγόρειος κινοῦσι μὲν τὴν γῆν, οὐ μήν γε μεταβατικῶς, τροχοῦ δίκην ἐνζωνισμένην ἀπὸ δυσμῶν ἐπὶ ἀνατολὰς περὶ τὸ ἴδιον αὐτῆς κέντρον.

Побуждаемый этим, я тоже начал размышлять относительно подвижности Земли. И хотя это мнение казалось нелепым, однако, зная, что и до меня другим была предоставлена свобода изобретать какие угодно круги для наглядного показа явлений звездного мира, я полагал, что и мне можно попробовать найти (в предположении какого-нибудь движения Земли) для вращения небесных сфер более надежные демонстрации, чем те, которыми пользуются другие математики.

Таким образом, предположив существование тех движений, которые, как будет показано ниже в самом произведении, приписаны мною Земле, я, наконец, после многочисленных и продолжительных наблюдений обнаружил, что если с круговым движением Земли сравнить движения и остальных блуждающих светил и вычислить эти движения для периода обращения каждого светила, то получатся наблюдаемые у этих светил явления. Кроме того, последовательность и величины светил, все сферы и даже само небо окажутся так связанными, что ничего нельзя будет переставить ни в какой части, не произведя путаницы в остальных частях и в во всей Вселенной. Поэтому в изложении моего произведения я принял такой порядок: в первой книге я опишу положения всех сфер вместе с теми движениями Земли, которые я ей приписываю; таким образом эта книга будет содержать как бы общую конституцию Вселенной. В прочих книгах движения остальных светил и всех орбит я буду относить к движению Земли, чтобы можно было заключить, каким образом можно «соблюсти явления» и движения остальных светил и сфер, при наличии движения Земли.

Я не сомневаюсь, что способные и ученые математики будут согласны со мной, если только (чего прежде всего требует эта философия) они захотят не поверхностно, а глубоко познать и продумать все то, что предлагается мной в этом произведении для доказательства упомянутого выше. А чтобы как ученые, так и неученые могли в равной мере убедиться, что я ничуть не избегаю чьего-либо суждения, я решил, что лучше всего будет посвятить эти мои размышления не кому-нибудь другому, а Твоему Святейшеству. Это я делаю потому, что в том удаленнейшем уголке Земли, где я провожу свои дни, ты считаешься самым выдающимся и по почету занимаемого тобой места и по любви ко всем наукам и к математике, так что твоим авторитетом и суждением легко можешь подавить нападки клеветников, хотя в пословице и говорится, что против укуса доносчика нет лекарства.

10 Если и найдутся какие-нибудь ματαιολόγοι, которые, будучи невеждами во всех математических науках, все-таки берутся о них судить и на основании какого-нибудь места священного писания, неверно понятого и извращенного для их цели, осмелятся порицать и преследовать это мое произведение, то я, ничуть не задерживаясь, могу пренебречь их сужде-
11 нием, как легкомысленным. Ведь не тайна, что Лактанций, вообще говоря знаменитый писатель, но небольшой математик, почти по-детски рассуждал о форме Земли, осмеивая тех, кто утверждал, что Земля имеет форму шара. Поэтому ученые не должны удивляться, если нас будет тоже кто-нибудь из таких осмеивать. Математика пишется для математиков, а они, если я не обманываюсь, увидят, что этот наш труд будет в некоторой степени полезным также и для всей церкви, во главе которой в данное время стоит Твое Святейшество. Не так далеко ушло то время, когда при Льве-

Х на Латеранском соборе обсуждался вопрос об исправлении церковного 12
календаря. Он остался тогда нерешенным только по той причине, что не имелось достаточно хороших определений продолжительности года и месяца и движения Солнца и Луны. С этого времени и я начал заниматься более точными их наблюдениями, побуждаемый к тому славнейшим мужем Павлом, епископом Семпронийским, который в то время руководил этим делом. То, чего я смог добиться в этом, я представляю суждению главным образом Твоего Святейшества, затем и всех других ученых математиков. Чтобы Твоему Святейшеству не показалось, что относительно пользы этого труда я обещаю больше, чем могу дать, я перехожу к изложению.



КНИГА ПЕРВАЯ

Вступление

Среди многочисленных и разнообразных занятий науками и искусствами, которые питают человеческие умы, я полагаю, в первую очередь нужно отдаваться и наивысшее старание посвящать тем, которые касаются наипрекраснейших и наиболее достойных для познавания предметов. Такими являются науки, которые изучают божественные вращения мира, течения светил, их величины, расстояния, восход и заход, а также причины остальных небесных явлений и, наконец, объясняют всю форму Вселенной. А что может быть прекраснее небесного свода, содержащего все прекрасное! Это говорят и самые имена: Caelum (небо) и Mundus (мир); последнее включает понятие чистоты и украшения, а первое — понятие чеканного (Caelatus).

Многие философы ввиду необычайного совершенства неба называли его видимым богом. Поэтому, если оценивать достоинства наук в зависимости от той материи, которой они занимаются, наиболее выдающейся будет та, которую одни называют астрологией, другие — астрономией, а многие из древних — завершением математики. Сама она, являющаяся бесспорно главой благородных наук и наиболее достойным занятием свободного человека, опирается почти на все математические науки. Арифметика, геометрия, оптика, геодезия, механика и все другие имеют к ней отношение.

И так как цель всех благородных наук — отвлечение человека от пороков и направление его разума к лучшему, то больше всего может сделать астрономия вследствие представляемого ею разуму почти невероятно большого наслаждения. Разве человек, прилепляющийся к тому, что он видит построенным в наилучшем порядке и управляющимся божественным изволением, не будет призываться к лучшему после постоянного, ставшего как бы привычкой созерцания этого и не будет удивляться творцу всего, в ком заключается все счастье и благо? И не напрасно сказал божественный псалмопевец, что он наслаждается творением божьим и восторгается делами рук его! Так неужели при помощи этих средств мы не будем как бы на некоей колеснице приведены к созерцанию высшего блага? А какую пользу и какое украшение доставляет астрономия государству (чтобы не говорить о бесчисленных удобствах для частных людей)! Это великолепно заметил

Платон, который в седьмой книге «Законов» высказывает мысль, что к полному обладанию астрономией нужно стремиться по той причине, что при ее помощи распределенные по порядку дней в месяцах и годах сроки празднеств и жертвоприношений делают государство живым и бодрствующим. И если, говорит он, кто-нибудь станет отрицать необходимость для человека восприятия этой одной из наилучших наук, то он будет думать в высшей степени неразумно. Платон считает также, что никак не возможно кому-нибудь сделаться или назваться божественным, если он не имеет необходимых знаний о Солнце, Луне и остальных светилах.

И вместе с тем скорее божественная, чем человеческая, наука, изучающая высочайшие предметы, не лишена трудностей. В области ее основных принципов и предположений, которые греки называют «гипотезами», в особенности многие разногласия мы видели у тех, кто начал заниматься этими гипотезами, вследствие того, что спорящие не опирались на одни и те же рассуждения. Кроме того, течение светил и вращение звезд может быть определено точным числом и приведено в совершенную ясность только с течением времени и после многих произведенных ранее наблюдений, которыми, если можно так выразиться, это дело из рук в руки передается потомству.

Действительно, хотя Клавдий Птолемей Александрийский, стоящий впереди других по своему удивительному хитроумию и тщательности, после более чем сорокалетних наблюдений завершил созидание всей этой науки почти до такой степени, что, как кажется, ничего не осталось, чего он не достиг бы, мы все-таки видим, что многое не согласуется с тем, что должно было бы вытекать из его положений; кроме того, открыты некоторые иные движения, ему не известные. Поэтому и Плутарх, говоря о тропическом солнечном годе, заметил: «До сих пор движение светил одерживало верх над знаниями математиков». Если я в качестве примера привожу этот самый год, то я полагаю, что всем известно, сколько различных мнений о нем существовало, так что многие даже отчаивались в возможности нахождения точной его величины.

Если позволит бог, без которого мы ничего не можем, я попытаюсь подробнее исследовать такие же вопросы и относительно других светил, ибо для построения нашей теории мы имеем тем более вспомогательных средств, чем больший промежуток времени прошел от предшествующих нам создателей этой науки, с найденными результатами которых можно будет сравнить те, которые вновь получены также и нами. Кроме того, я должен признаться, что многое я передаю иначе, чем предшествующие авторы, хотя и при их помощи, так как они первые открыли доступ к исследованию этих предметов.

Глава I

2 О том, что мир сферичен

Прежде всего мы должны заметить, что мир является шарообразным или потому, что эта форма совершеннейшая из всех и не нуждается ни в каких скрепах и вся представляет цельность, или потому, что эта форма среди всех других обладает наибольшей вместимостью, что более всего приличествует тому, что должно охватить и сохранить все, или же потому, что такую форму, как мы замечаем, имеют и самостоятельные части мира, именно Солнце, Луна и звезды; или потому, что такой формой стремятся ограничить себя все предметы, как можно видеть у водяных капель и других жидких тел, когда они хотят быть ограничены своей свободной поверхностью. Поэтому никто не усомнится, что такая форма придана и божественным телам.

Глава II

3 О том, что Земля тоже сферична

Земля тоже является шарообразной, так как она со всех сторон стремится к своему центру. Однако совершенная округлость ее не сразу может быть усмотрена при наличии высоких гор и опускающихся вниз долин, хотя последние очень мало изменяют общую круглоту Земли. Это можно обнаружить следующим образом. Для путешественников, идущих откуда-нибудь к северу, полюс суточного вращения Земли понемногу поднимается вверх, в то время как южный на такую же величину опускается вниз, и в окрестности Медведиц большее количество звезд являются незаходящими, тогда как на юге некоторые уже не восходят.

Так, например, Италия не видит Канопа, который хорошо заметен в Египте, зато Италия видит последнюю звезду Реки Эридана, которой не знает наша страна, страна более сурового климата. Наоборот, при путешествии на юг поднимаются южные звезды, в то время как те, которые у нас высоки, опускаются. Между прочим, изменения высоты полюса везде имеют одно и то же отношение к пройденным на Земле расстояниям, чего не может быть ни на какой другой фигуре, кроме сферической. Отсюда ясно, что Земля тоже заключается между двумя полюсами и, вследствие этого сферична. К этому нужно прибавить, что происходящих вечером затмений Солнца и Луны жители востока не замечают, а живущие на западе не видят утренних; что касается затмений между этими пределами, то первые видят их позже, вторые раньше.

Далее, мореплаватели видят, что такой же формой ограничиваются и

воды, так как земля, не видимая с палубы, может быть замечена с верхушки мачты. Наоборот, если на верхушке мачты поместить что-нибудь сияющее, то при удалении корабля от земли остающиеся на берегу видят, что оно понемногу опускается, пока, наконец, не скроется, как бы заходя. Известно, также, что воды, текучие по своей природе, всегда стремятся к более низким местам, так же как и земля, и от берега стремятся уйти не дальше того, что допускает ее выпуклость. Отсюда следует, что земля лишь настолько выше, насколько она поднимается из океана.

Глава III

О том, каким образом земля с водой составляют единый шар 4

Таким образом, обтекающий Землю океан, образуя кое-где моря, заполняет более глубокие ее впадины. Отсюда следует, что воды должно быть меньше, чем земли, иначе вода поглотила бы всю землю, поскольку обе они по своей тяжести стремятся к одному и тому же центру; нужно было бы также, чтобы некоторые части Земли оставались непокрытыми на благо живых существ, а также существовало некоторое количество возвышающихся кое-где островов. Да ведь и сам материк и земной круг не что иное, как остров, больший других. И не следует слушать некоторых перипатетиков, которые считают, что вся совокупность воды в десять раз больше земли. Основываясь на том, что при превращении элементов из какой-либо части земли получается десять частей воды, они утверждают, что суша только потому и возвышается, что обладая большими пещерами, не везде уравновешивается по тяжести и что у нее центр объема и центр тяжести различны. Но они по невежеству в геометрии ошибаются, не зная, что воды не может быть даже и в семь раз больше земли, чтобы хоть какая-нибудь часть ее могла оказаться сушей, если только вся Земля целиком не окажется вне общего центра тяжести и не уступит места водам, более, чем она, тяжелым. Действительно, сферы находятся друг с другом в тройном 5
отношении своих диаметров. Таким образом, если даже при семи частях воды земля будет восьмой, то ее диаметр не может быть больше прямой, проведенной из центра к водной поверхности. Вот сколько не хватает для того, чтобы воды было в десять раз больше!

А что нет никакой разницы между центром объема Земли и центром ее тяжести, можно видеть из того, что выпуклость суши, выступая из океана, не всегда идет непрерывно возвышаясь; в противном случае она очень сильно задерживала бы морские воды и никак не позволяла бы внутренним морям врываться и образовывать обширные заливы. В свою очередь она не прерывается сейчас же у берега океана, и хотя глубина бездны и увели-

чивается все время, но при дальнейших плаваниях мореходов появляются то остров, то скала, то какая-нибудь земля. Известно ведь, что между Египетским морем и Аравийским заливом нет и пятнадцати стадий и это почти в самом центре земного круга. В свою очередь Птолемей в своей «Космографии» продолжает обитаемую землю до половины круга, а тогда оставались еще неизвестными земли, где недавние мореплаватели открыли Китай и другие обширные страны, Это добавило еще приблизительно 60 градусов долготы, так что Земля обитаема уже на большем протяжении долготы, чем остается для океана. Если добавить к ним острова, открытые
6 в наше время владыками Испании и Лузитании, и в особенности Америку, названную так по имени открывшего ее начальника кораблей (а эту Америку по неполной исследованности ее размеров считают Новым Светом), не говоря уже о других многочисленных ранее неизвестных островах, то не приходится удивляться существованию антиподов или антихтонов. Геометрические расчеты заставляют думать, что сама Америка по своему положению диаметрально противоположна Гангской Индии.

Итак, на основании всего этого, я думаю, очевидно, что земля и вода вместе стремятся к одному и тому же центру тяжести, а если земля и является более тяжелой, то все же нет у нее другого центра объема. Разверстые ее части заполнены водой, и количество воды весьма умеренно по сравнению с землей, хотя по площади вода, может быть, и казалась более обширной. Земля с обтекающими ее водами необходимо должна иметь такую форму, какую указывает ее тень; последняя производит затмение Луны, обладая кривизной правильного круга. Итак, Земля не является плоской, как думали Эмпедокл и Анаксимен, ни тимпанообразной, как считал Левкипп, ни ладьеобразной, как у Гераклита, ни как-нибудь иначе вогнутой, как у Демокрита; точно так же она не цилиндрическая как у Анаксимандра, и не опускается вглубь бесконечной толщиной, как считал Ксенофан, а абсолютно кругла, как учат философы.

Глава IV

О том, что движение небесных тел вечное, равномерное и круговое или составлено из круговых движений

Затем будем помнить, что движение небесных тел круговое. Действительно, подвижность сферы выражается в том, что она вращается кругом, самым этим действием отображая свою форму в простейшем теле, в котором нельзя найти ни начала ни конца, ни отличить одной части от другой, когда она движется сама в себе, проходя через одно и то же. Однако вследствие многочисленности сфер существует много различных движений. Самое очевидное из всех — суточное вращение, которое греки

называют νυχθήμερον, то есть продолжительность дня и ночи. Полагают, что этим движением перемещается с востока на запад весь мир, за исключением только Земли. Это движение является общей мерой всех движений, так как даже само время мы измеряем преимущественно числом дней.

Кроме этого мы видим и другие, как бы противоположные движения,
то есть с запада на восток, а именно Солнца, Луны и пяти планет. Солнце 7
отмеряет год, а Луна — месяцы — лучше всего известные меры времени, и каждая из пяти планет совершает свое круговращение. Однако у них существуют и многообразные различия. Во-первых, упомянутые светила в своем беге по наклонности зодиака не вращаются вокруг тех же полюсов, что в первом движении, затем в своем круговращении они не кажутся движущимися равномерно. Оказывается, что Солнце и Луна движутся то быстрее, то медленнее, а остальные пять планет, как мы видим, движутся иногда и попятным движением, кое-где останавливаясь. И тогда как Солнце всегда идет прямо по своему пути, эти светила блуждают различным образом, отклоняясь то к северу, то к югу, из-за чего они и были названы планетами, то есть блуждающими. К этому нужно прибавить, что иногда они становятся более близкими к Земле и называются находящимися в перигее, а иногда более удаленными; тогда о них говорят, что они в апогее. Тем не менее нужно признать, что их движения являются или круговыми, или составленными из нескольких круговых, так как неравенства этого рода подчиняются определенному закону и правильным возвращениям, чего не могло бы случиться, если бы эти движения не были круговыми.

Действительно, один только круг может возвратить назад прошедшее, как, например, Солнце в движении, составленном из круговых, возвращает нам неравенство дней и ночей и четыре времени года. В этом мы уже должны видеть наличие нескольких движений, так как не может быть, чтобы простое небесное тело неравномерно двигалось одной сферой. Неравномерность должна происходить или вследствие непостоянства движущей силы, безразлично будет ли последняя привходящей извне, или врожденной по природе, или вследствие изменения тела после полного оборота. Так как и то и другое противно нашему разуму и недостойно предполагать что-нибудь подобное в том, что устроено в наилучшем порядке, то следует согласиться, что равномерные движения этих светил представляются нам неравномерными или в результате того, что полюсы этих кругов различны, или в результате того, что Земля не находится в центре кругов, по которым они вращаются. Для нас, наблюдавших с Земли прохождение этих светил, вследствие неравенства расстояний получается, что более близкое представляется нам большим, чем более удаленное (как доказано в оптике); так из-за различия расстояний от глаза на одинаковых круговых дугах движения в равные промежутки времени будут представляться неодинаковыми.

Поэтому я прежде всего считаю необходимым тщательно исследовать, в каком отношении Земля находится к небу, чтобы мы, исследуя самое вышнее, не забывали более близкого и в таком заблуждении не приписывали небесному того, что свойственно Земле.
8

Глава V

О том, свойственно ли Земле круговое движение, и о месте Земли

9 Уже доказано, что Земля тоже имеет форму шара; полагаю, что нужно посмотреть, не вытекает ли из ее формы и движение, а также определить занимаемое ею место во Вселенной; без этого невозможно получить надежную теорию небесных явлений. Большинство авторов согласно с тем, что Земля покоится в середине мира, так что противоположное мнение они считают недопустимым и даже достойным осмеяния. Однако, если мы разберем дело внимательнее, то окажется, что этот вопрос еще не решен окончательно, и поэтому им никак нельзя пренебрегать.

Действительно, всякое представляющееся нам изменение места происходит вследствие движения наблюдаемого предмета или наблюдателя или, наконец, вследствие неодинаковости перемещений того и другого, так как не может быть замечено движение тел, одинаково перемещающихся по отношению к одному и тому же (я подразумеваю движение между наблюдаемым и наблюдателем). А ведь Земля представляет то место, с которого наблюдается упомянутое небесное круговращение и открывается нашему взору.

Таким образом, если мы сообщим Земле какое-нибудь движение, то это движение обнаружится таким же и во всем, что находится вне Земли, но только в противоположную сторону, как бы проходящим мимо; таким прежде всего будет и суточное вращение. Мы видим, что оно увлекает весь мир, за исключением Земли и того, что ее непосредственно окружает. А если допустить, что небо вовсе не имеет такого движения, а вращается с запада на восток Земля, то всякий, кто это серьезно обдумает, найдет что все видимые восходы и заходы Солнца, Луны и звезд будут про-
10 исходить точно так же. Так как именно небо все содержит и украшает и является общим вместилищем, то не сразу видно, почему мы должны приписывать движение скорее вмещающему, чем вмещаемому, содержащему, чем содержимому. Такого мнения и держались пифагорейцы Гераклид и Экфант и Никет сиракузянин у Цицерона, придававшие Земле вращение в середине мира. Они действительно полагали, что звезды заходят вследствие загораживания их Землей и восходят, когда она отступает.

Когда мы это допустим, то возникнет другое, не менее важное сомне-

ние о месте Земли, хотя почти все принимают и верят, что Земля находится в середине мира. Поэтому если кто-нибудь станет отрицать, что Земля находится в середине мира, или его центре, но все-таки допустит, что ее расстояние от центра не так уже велико, чтобы его можно было сравнивать с расстоянием до сферы неподвижных звезд, но вместе с тем оно будет достаточно большим и заметным по отношению к орбитам Солнца и других светил, и будет считать, что их движение представляется неравномерным вследствие того, что оно определяется другим центром, отличным от центра Земли, то, пожалуй, приводимая им причина неравномерности кажущегося движения не будет нелепой.

Действительно, поскольку планеты наблюдаются и более близкими к Земле и более удаленными, то это необходимо говорит о том, что центр Земли не есть центр их кругов. Ведь никак не установлено, Земля ли к ним подходит и уходит или они приближаются к ней и удаляются. Не удивительно также, если кто-нибудь кроме упомянутого суточного вращения предположит у Земли и какое-то другое движение.

Мнение, что Земля вращается и даже имеет несколько движений и является одной из планет, как говорят, высказывал пифагореец Филолай, незаурядный математик, ради посещения которого Платон не замедлил отправиться в Италию, как передают описывавшие жизнь Платона.

Однако многие считали возможным доказать при помощи геометрических рассуждений, что Земля находится в середине мира, относится к неизмеримости неба, как точка или центр, и будет неподвижной по той причине, что во всеобщем движении центр остается неподвижным, а ближайшее к центру движется всего медленнее.

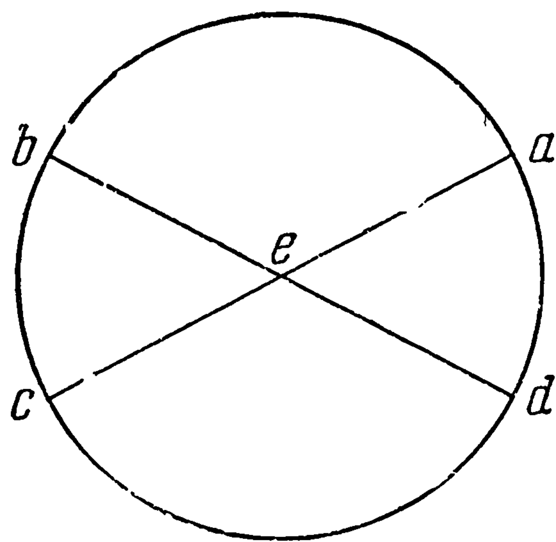
Глава VI

О неизмеримости неба по сравнению с величиной Земли

А что вся столь большая громада Земли не имеет никакой значащей величины по сравнению с небом, можно понять из того, что «ограничивающие» круги (так переводится греческое слово ὁρίζοντας) делят всю небесную сферу пополам, чего не могло бы быть, если бы величина Земли или расстояние от центра мира были значительными по сравнению с небом. Действительно, круг, делящий сферу пополам, проходит через центр этой сферы и является наибольшим из кругов, которые можно описать.

Пусть круг *abcd* будет горизонтом, а Земля, с которой мы наблюдаем, 11
будет точкой *e* и центром горизонта, который отграничивает видимые светила от невидимых. Будем при помощи помещенного в *e* диоптра, гороскопия или хоробата наблюдать начало восходящего Рака в точке *c*; в тот же момент в точке *a* мы увидим заходящее начало Козерога. Так

как точки a, c, e находятся на прямой линии, проходящей через диоптр, то ясно, что эта прямая будет диаметром зодиака, поскольку шесть видимых знаков зодиака отграничивают полуокружность, а центр e будет одновременно и центром горизонта. Когда после поворота на половину окружности начало Козерога будет восходить в b мы одновременно увидим заход Рака в d; линия bed будет прямой и диаметром зодиака. Но мы видели, что aec тоже была диаметром этого же круга; в их общем пересечении, очевидно, находится и центр рассматриваемого круга.



Итак, горизонт всегда делит пополам зодиак, являющийся большим кругом сферы. Но в сфере круг, пересекающий какой нибудь из больших кругов пополам, будет и сам большим кругом. Следовательно, и горизонт будет одним из больших кругов, а центр его, как видно, совпадает с центром зодиака; хотя проведенная через центр Земли линия необходимо будет отличаться от той которая проведена с ее поверхности, но вследствие неизмеримости неба по сравнению с Землей они становятся похожими на параллельные прямые, которые из-за чрезмерной удаленности конца кажутся одной линией, так как промежуток между ними по отношению к их длине становится неощутимым для чувств, как это доказывается в оптике.

Такие рассуждения достаточно ясно показывают, что небо неизмеримо велико по сравнению с Землей и представляет бесконечно большую величину; по оценке наших чувств Земля по отношению к небу, как точка к телу, а по величине, как конечное к бесконечному. Ничего другого этого рассуждение, очевидно, не доказывает, и, понятно, отсюда, не следует, что Земля должна покоиться в середине мира. И гораздо более удивительным было бы, если бы в двадцать четыре часа поворачивалась такая громада мира, а не наименьшая его часть, которой является Земля.

Если говорят, что центр неподвижен и все ближайшее к центру движется медленнее, то это не доказывает, что Земля покоится в середине мира; ведь это то же самое, как если бы ты сказал, что небо вращается, а полюсы неподвижны и все ближайшее к ним движется менее всего. Таким именно образом Полярная звезда кажется движущейся значительно медленнее, чем Орел или Большой Пес, потому что она, находясь ближе всего к полюсу, описывает меньший круг; но все они принадлежат одной сфере, подвижность которой, прекращаясь у оси, не допускает одинаковости движений всех ее частей, а полный оборот возвращает их в исходное положение, двигая одинаковое время, но не по равным путям.

Вот на что, по существу, опирается рассуждение, что Земля, являясь

как бы частью небесной сферы и обладая ее природой и движением, мало движется, как находящаяся всего ближе к центру. В таком случае и сама она, представляя собой тело, а не центр, должна будет двигаться в такое же время по подобным окружностям небесного круга, хотя бы и меньшим. Неверность этого ясна как день; действительно, тогда в одном месте всегда был бы полдень, а в другом — всегда полночь и никак не могли бы происходить ежедневные восходы и заходы, так как движение всего мира и его части едино и нераздельно.

Для тел, которые разделило различие их природы, имеет место совершенно иной закон, именно заключающиеся в более короткой окружности вращаются быстрее тех, которые обходят по большему кругу. Так, Сатурн, самая высшая из планет, совершает обращение в тридцать лет, тогда как Луна, без сомнения ближайшее к Земле светило, завершает свой обход в месяц и, наконец, сама Земля, как можно думать, делает полный оборот в течение дня и ночи. Таким образом, опять появится тот же самый вопрос относительно суточного вращения.

Кроме того, и местонахождение Земли все же остается искомым, так как из приведенного выше нельзя получить ничего достоверного. Ведь, это рассуждение доказывает только, что величина неба по сравнению с Землей не является конечной. До каких пор распространяется эта необъятность, никоим образом неизвестно. Точно так же будет и обратно — 12
у мельчайших и неделимых телец, которые называются атомами; так как они неощутимы для наших чувств, то, взяв две или какое-нибудь другое их число, мы не можем сразу получить видимое тело, а все же эти частицы можно так умножить, что, наконец, их будет достаточно для слияния в заметное тело. То же можно сказать и о месте Земли: хотя бы она и не находилась в центре мира, но, во всяком случае, само ее расстояние от последнего будет несравненно малым, в особенности по отношению к сфере неподвижных звезд.

Глава VII

Почему древние полагали, что Земля неподвижна в середине мира и является как бы его центром

По этой причине древние философы и другими рассуждениями пытались 13
доказать, что Земля находится в центре мира; в этом они видят важнейшую причину тяжести и легкости. Конечно, элемент земли самый тяжелый и все весомые тела движутся к ней, стремясь к самой глубокой ее середине. Поскольку Земля шаровидна и к ней отовсюду движутся по своей природе все тяжелые тела под прямыми углами к ее поверхности то они, если не были бы задержаны на ее поверхности, ринулись бы пря-

мо к ее центру, так как прямая линия, встречающаяся под прямыми углами с плоскостью горизонта в месте ее касания со сферой, ведет к центру сферы. Из того, что они движутся к центру, по-видимому, следует, что тела в середине находятся в покое. Тем более, следовательно, вся Земля будет находиться в середине и принимать в себя все падающие тела; она в силу своего веса будет оставаться неподвижной.

То же самое они пытаются доказать на основании законов движения и его природы. Аристотель говорит, что единому и простому телу присуще и простое движение; из простых же движений одно прямолинейное, другое круговое, из прямолинейных одно идет вверх, другое вниз. Поэтому всякое простое движение идет или к середине вниз, или от середины вверх, или вокруг середины, и это движение круговое. Только земле и воде, которые считаются тяжелыми, следует двигаться вниз, то есть стремиться к середине; воздух же и огонь, обладающие легкостью, должны двигаться вверх и удаляться от середины. И кажется вполне сообразным приписать этим четырем стихиям прямолинейное движение, а небесным телам предоставить вращаться кругом середины. Так утверждает Аристотель.

Следовательно, если бы Земля, говорит Птолемей Александрийский, вращалась хотя бы только суточным движением, то необходимо произошло бы противоположное сказанному. И это движение должно было быть чрезвычайно стремительным, а скорость его — выше всякой меры, так как в двадцать четыре часа нужно было бы описать всю окружность Земли. А то, что охвачено стремительным вращением, очевидно, совсем неспособно к воссоединению; даже соединенные его части рассеятся, если только не удерживаются каким-нибудь прочным скреплением, и уже давно Земля, распавшись, разрушила бы самое небо (что уже совсем смехотворно), а живые существа и другие неприкрепленные тяжести и подавно никак не могли бы остаться несброшенными с нее. Также и отвесно падающие тела не могли бы двигаться по прямой к назначенному им месту, которое уже ускользнет от них при такой быстроте. Точно так же облака и другие тела, висящие в воздухе, мы постоянно видели бы движущимися на запад.

Глава VIII

Опровержение приведенных доводов и их несостоятельность

На основании этих и подобных им причин утверждают, что Земля покоится в середине мира и что, вне сомнения, именно так дело и обстоит. Действительно, если кто-нибудь выскажет мнение, что Земля вращается, то ему придется сказать, что это движение является естественным, а не

насильственным. Все то, что происходит согласно природе, производит действия, противоположные тем, которые получаются в результате насилия. Те вещи, которые подвергаются действию силы или напора, необходимо должны распасться и существовать долго не могут. Все то, что делается согласно природе, находится в благополучном состоянии и сохраняется в своем наилучшем составе. Поэтому напрасно боится Птолемей, что Земля и все земное рассеется в результате вращения, происходящего по действию природы; ведь это вращение будет совсем не таким, какое производится искусственно или достижимо человеческим умом.

Но почему не предполагать этого в еще большей степени относительно Вселенной, движение которой должно быть во столько раз быстрее, во сколько раз небо больше Земли? Или для того небо сделано необъятным чтобы несказанной силой движения оно отрывалось от центра, а иначе, будь оно неподвижно, обрушилось бы?

Если бы это было справедливо, то размеры неба непременно увеличились бы до бесконечности. Ибо чем больше оно увлекалось бы вверх напором движения, тем быстрее было бы это движение вследствие постоянного возрастания длины окружности, которую необходимо пройти в 24 часа; в свою очередь от возрастания движения будет возрастать неизмеримость неба. Таким образом, скорость будет увеличивать размеры, а размеры — увеличивать скорость, и то и другое взаимно увеличат друг друга до бесконечности. А вследствие известной физической аксиомы, что бесконечное не может быть ни пройдено, ни каким-либо образом приведено в движение, небо необходимо остановится. Но говорят, что вне неба нет ни тела, ни места, ни пустоты, нет вообще ничего и поэтому небу некуда выйти. Тогда, конечно, удивительно, если что-нибудь может сдерживаться ничем. Однако если бы небо было безграничным снаружи и только изнутри ограничивалось вогнутым сводом, то это, может быть еще более удостоверит, что вне неба нет ничего, потому что все обладающее какой-бы то ни было величиной будет внутри него; но тогда небо будет оставаться неподвижным. Ибо самое главное, чем стараются обосновать конечность мира, это и есть движение.

Предоставим естествоиспытателям спорить, является ли мир конечным или нет; будем считать твердо установленным, что Земля, заключенная между полюсами, ограничивается шаровидной поверхностью. Но тогда зачем же еще нам сомневаться? Скорее следует допустить, что подвижность Земли вполне естественно соответствует ее форме, чем думать, что движется весь мир, пределы которого неизвестны и непостижимы. И почему нам не считать, что суточное вращение для неба является видимостью, а для Земли действительностью? И все это так и обстоит, как сказал бы Виргилиев Эней: «В море из порта идем 14
и отходят и земли, и грады». Так при движении корабля в тихую погоду все находящееся вне представляется мореплавателям движущимся, как

бы отражая движение корабля, а сами наблюдатели, наоборот, считают себя в покое со всем с ними находящимся. Это же, без сомнения, может происходить и при движении Земли, так что мы думаем, будто вокруг нее вращается вся Вселенная.

В таком случае что же мы скажем относительно облаков и всего остального, что каким-либо образом парит в воздухе или опускается вниз и снова стремится вверх? Да лишь то, что вращается не только Земля с соединенной с ней водной стихией, но также и немалая часть воздуха и все, что каким-либо образом сродно с Землей, или уже ближайший к Земле воздух пропитанный земной и водной материей, следует тем же самым законам природы, что и Земля, или имеет приобретенное движение, которое сообщается ему прилегающей Землей в постоянном вращении и без всякого сопротивления.

В свою очередь не меньшее удивление вызовет утверждение, что самая высшая область воздуха следует движению неба, на что указывают внезапно появляющиеся светила, которые у греков называются кометами, или погониями; эти светила, образование которых считают происходящим в этой высшей области, восходят и заходят наподобие остальных светил. Мы можем считать, что эта далеко отстоящая от Земли часть воздуха лишена упомянутого движения Земли. Поэтому нам и представляется находящимся в покое ближайший к Земле воздух, а также все то, что в нем находится во взвешенном состоянии, если оно не побуждается ветром или каким-нибудь другим напором в ту или другую сторону, как случится. Ведь разве ветер в воздухе не что иное, как течение в море?

Далее, все тела, опускающиеся и поднимающиеся, мы должны признать необходимо обладающими по отношению к Вселенной двойным движением, а именно составленным из кругового и прямолинейного. Поэтому тела пригнетаемые своим весом, как в высшей степени земные, без сомнения, следуют, как части, законам той же природы, что и вся совокупность. То же самое происходит и с теми телами, которые силой огня восхищаются вверх. Действительно, этот земной огонь бо́льшей частью питается земной материей, и пламенем называют не что иное, как пылающий дым. Но огонь обладает свойством расширять все им охватываемое, и это он производит с такой силой, что когда он вырвется из темницы, ему никаким образом, никакими машинами нельзя воспрепятствовать выполнить свое дело. Расширительное же движение происходит от центра к окружности; поэтому, если что-либо из земных частей зажжено, оно несется от середины кверху.

Итак, если говорят, что у простого тела будет простым и движение (это прежде всего проверяется для кругового движения), то это лишь до тех пор, пока простое тело пребывает в своем природном месте и в целостности. В своем месте, конечно, не может быть другого движения, кроме кругового, когда тело всецело пребывает в себе самом, наподобие

покоящегося. Прямолинейное движение бывает у тел, которые уходят из своего природного места, или выталкиваются из него, или каким-либо образом находятся вне его. Ведь ничто не противоречит так всему порядку и форме мира, как то, что какая-нибудь вещь находится вне своего места. Следовательно, прямолинейное движение происходит только, когда не все идет, как следует, а для тел, совершенных по природе,— только когда они отделяются от своего целого и покидают его единство. Кроме того, тела, движущиеся вверх или вниз, не совершают простого единообразного и равномерного движения даже если отвлечься от кругового. Они не могут умеряться своей легкостью или напором своего веса; и, опускаясь вниз, тела, имея первоначально медленное движение, по мере падения увеличивают скорость. Обратно мы можем наблюдать, как взметнувшийся вверх этот земной огонь (иного ведь мы не видим) сразу же замедляет свое движение, как бы признавая причиной насилие земной материи.

Круговое движение всегда совершается равномерно, ибо оно имеет неубывающую причину. У прямолинейных же движений эта причина поспешно иссякает, так что тела, достигнув своего места, перестают быть тяжелыми или легкими, и это движение прекращается. Таким образом, поскольку круговое движение присуще совокупностям, частям же свойственно и прямолинейное движение, то мы имеем право сказать, что круговое движение может сосуществовать с прямолинейным, как живое существо с болезнью. Конечно, и то, что Аристотель разделяет простое движение на три класса: из центра, к центру и вокруг центра, мы должны считать только рассудочным актом, так же как мы отделяем линию, точку и поверхность, тогда как ни одно из этих понятий не может существовать без другого и никакое из них без тела.

К этому присоединяется то, что состояние неподвижности считается более благородным и божественным, чем состояние изменения и неустойчивости, которое по этой причине более приличествует Земле, чем Вселенной. Добавлю также, что довольно нелепо приписывать движение содержащему и вмещающему, а не содержимому и вмещенному, чем является Земля. Поскольку мы видим, что планеты то приближаются к Земле, то удаляются от нее, то и в этом случае у одного и того же тела будет движение и вокруг центра, в качестве которого хотят считать центр Земли, и также от центра и к нему. Таким образом, движение вокруг центра следует понимать в более общем смысле, и вполне достаточно, если каждое движение будет направляться своим собственным центром.

Итак, из всего этого ты видишь, что подвижность Земли более вероятна, чем ее покой, в особенности если говорить о суточном вращении, как наиболее свойственном Земле. И я полагаю, что этого достаточно для
первой части вопроса. 15

Глава IX

О том, можно ли приписать Земле несколько движений, и о центре мира

Таким образом, поскольку ничто не препятствует подвижности Земли, то я полагаю, что нужно рассмотреть, не может ли она иметь несколько движений, так чтобы ее можно было считать одной из планет. Действительно, что она не является центром для всех вращений, обнаруживается и неравномерным видимым движением планет и переменностью их расстояний от Земли, что не может быть объяснено в предположении гомоцентрического с Землей круга. Следовательно, поскольку существует несколько центров, не будет легкомысленным подумать также и о центре мира, совпадает ли последний с центром земной тяжести или нет. Что касается меня, то я полагаю, что тяготение есть не что иное, как некоторое природное стремление, сообщенное частям божественным провидением творца Вселенной, чтобы они стремились к целостности и единству, сходясь в форму шара. Вполне вероятно, что это свойство присуще также Солнцу, Луне и остальным блуждающим светилам, чтобы при его действии они продолжали пребывать в своей шарообразной форме, совершая тем не менее различные круговые движения.

Следовательно, если и Земля совершает иные движения, как, например, около центра, то эти движения необходимо должны быть такими же, какие замечаются внешне и у других планет; среди этих движений мы находим годичное обращение. Поэтому если мы переделаем это движение из солнечного в земное и согласимся, что Солнце неподвижно, то восходы и заходы знаков зодиака и неподвижных звезд, когда они становятся то утренними, то вечерними, покажутся нам происходящими совершенно так же. Равным образом, стояния, попятные и прямые движения планет окажутся принадлежащими не им, а происходящими от движения Земли, которое они заимствуют для своих видимых движений. Наконец, само Солнце будем считать занимающим центр мира; во всем этом нас убеждает разумный порядок, в котором следуют друг за другом все светила, и гармония всего мира, если только мы захотим взглянуть на само дело обоими (как говорят) глазами.

Глава X

О порядке небесных орбит

Никто, как я знаю, не сомневается, что наивысшим из всего видимого является небо неподвижных звезд. Что же касается порядка планет, то древние философы пожелали его установить на основании продолжитель-

ности их обращений, полагая, что из тел, имеющих одинаковую скорость,
будут казаться движущимися медленнее те, которые находятся на боль-
шем расстоянии, как это доказывается у Евклида в «Оптике». Поэтому
они полагают, что Луна совершает свое круговое обращение в кратчайшее
время, так как она вращается ближе всего к Земле по наименьшему кру-
гу. Самым же вышним является Сатурн, который в наибольшее время
обходит длиннейший круг. Ниже его находится Юпитер. После него идет
Марс. Относительно Венеры и Меркурия имеются различные мнения
вследствие того, что они не могут удалиться от Солнца на любое расстоя-
ние, как приведенные выше планеты. Поэтому некоторые помещают их выше
Солнца, как Тимей у Платона, а другие ниже его, как Птолемей и боль-
шая часть позднейших астрономов. Альпетрагий делает Венеру нахо- 16
дящейся выше Солнца, а Меркурия — ниже.

Те, кто следуют мнению Платона, полагая, что все звезды (и вообще
темные тела) блестят заимствованным от Солнца светом, считают, что
если бы Меркурий и Венера находились ниже Солнца, то они вследствие
небольшого от него расстояния казались бы половинчатыми и, во всяком
случае, отклоняющимися от круглости. Действительно, они отражали бы
полученный свет почти исключительно вверх, то есть по направлению
к Солнцу, как мы это видим у молодой Луны или на ущербе. Также го-
ворят, что иногда, проходя перед Солнцем, эти планеты должны загора-
живать его и, смотря по своей величине, производить затмения солнеч-
ного света; поскольку этого никогда не замечается, то они полагают,
что эти планеты никак не могут проходить под Солнцем.

Наоборот, помещающие Венеру и Меркурия под Солнцем берут в ка-
честве основного довода величину промежутка между Солнцем и Луной.
Действительно найдено, что наибольшее расстояние Луны от Земли со-
ставляет 64 части и одну шестую, если за одну часть принять радиус Зем-
ли, и все это расстояние почти восемнадцать раз содержится в наимень-
шем расстоянии до Солнца, которое составляет 1160 упомянутых частей; 17
следовательно, между Солнцем и Луной будет 1096 частей. Поэтому, чтобы
такой обширный промежуток не оставался пустым, они на основании рас-
стояния между апсидами, которое считают шириной орбит этих планет, по- 18
лагают, что эти числовые промежутки будут приблизительно заполнены,
если за самой высокой частью орбиты Луны будет следовать нижняя часть
орбиты Меркурия, а за верхней частью последней пойдет ближайшая
часть орбиты Венеры, которая в свою очередь верхней своей апсидой бу-
дет как бы касаться нижних частей орбиты Солнца.

Итак, расстояние между апсидами Меркурия они вычисляют прибли-
зительно в $177^1/_2$ вышеупомянутых частей, затем остальное расстояние
заполняется промежутком для Венеры приблизительно в 910 частей.
Следовательно, считают, что в светилах нет никакой темноты, подобной
лунной, но что они или сияют собственным светом, или всем телом насы-

щены солнечным сиянием и поэтому не затмевают Солнца; кроме того,
необычайно редким событием бывает, когда эти светила станут между
нами и Солнцем, ибо они значительно отклоняются по широте. Впрочем,
они представляют малые тела по сравнению с Солнцем, так как даже Ве-
нера, будучи больше Меркурия, еле может закрыть сотую часть Солнца,
19 как говорит Альбатегний Аратский, который полагает, что диаметр Солн-
ца в десять раз больше диаметра Венеры; поэтому нелегко увидать та-
20 кое пятнышко под сильнейшим освещением. Однако Аверроэс в своем
парафразе Птолемея упоминает, что он видел что-то темноватое, а пос-
21 ле вычислений обнаружил, что происходило соединение Солнца и Мерку-
рия. Вот как доказывают, что оба эти светила движутся под солнечным
кругом.

Однако, насколько слабы и малодостоверны эти доводы, можно видеть
из того, что до Луны расстояние будет 38 земных радиусов, если следо-
22 вать Птолемею, а по более истинной оценке более 49 (как будет показано
ниже); но, как мы знаем, в таком большом промежутке не содержится ни-
чего, кроме воздуха, или, если угодно, того, что называется огненным
элементом. Помимо того, диаметр круга Венеры, двигаясь по которому
она удаляется от Солнца в обе стороны приблизительно на 45 градусов,
должен быть в шесть раз больше расстояния от центра Земли до наиниз-
шей апсиды Венеры, как будет показано в своем месте. Так пусть же они
скажут, что должно содержаться во всем этом столь большом пространст-
ве, которое заключало бы Землю, воздух, эфир, Луну и Меркурий и, на-
конец, тот огромный эпицикл Венеры, если бы последняя вращалась во-
круг покоящейся Земли. Наконец, насколько не убедительны рассужде-
ния Птолемея, что Солнце, должно двигаться как раз по середине между
планетами, которые могут сколь угодно удаляться от Солнца, и теми, ко-
торые от него не удаляются, видно из того, что Луна, сама могущая сколь
угодно далеко от него отходить, обнаруживает их ложность.

Далее, те, кто помещают под Солнцем Венеру, а затем Меркурия или
как-нибудь иначе разделяют их, какую могут привести причину, что
эти светила не совершают самостоятельных и отличных от Солнца обра-
щений, как другие планеты, если только относительная быстрота или
медленность не обманывает относительно порядка?

Итак, необходимо, или чтобы Земля не была центром, к которому от-
носится порядок распределения светил и их сфер, или чтобы вообще не
было никакого принципа распределения и нельзя было бы видеть, почему
Сатурн должен иметь более высокое место, чем Юпитер или какая-нибудь
другая планета. Поэтому я полагаю, никак не следует пренебрегать тем
23 что написал в энциклопедии Марциан Капелла и что хорошо знали не-
которые другие латинские писатели. Они полагают, что Венера и Мерку-
рий обращаются вокруг находящегося в середине Солнца, и по этой при-
чине думают, что эти планеты могут отойти от Солнца не дальше, чем

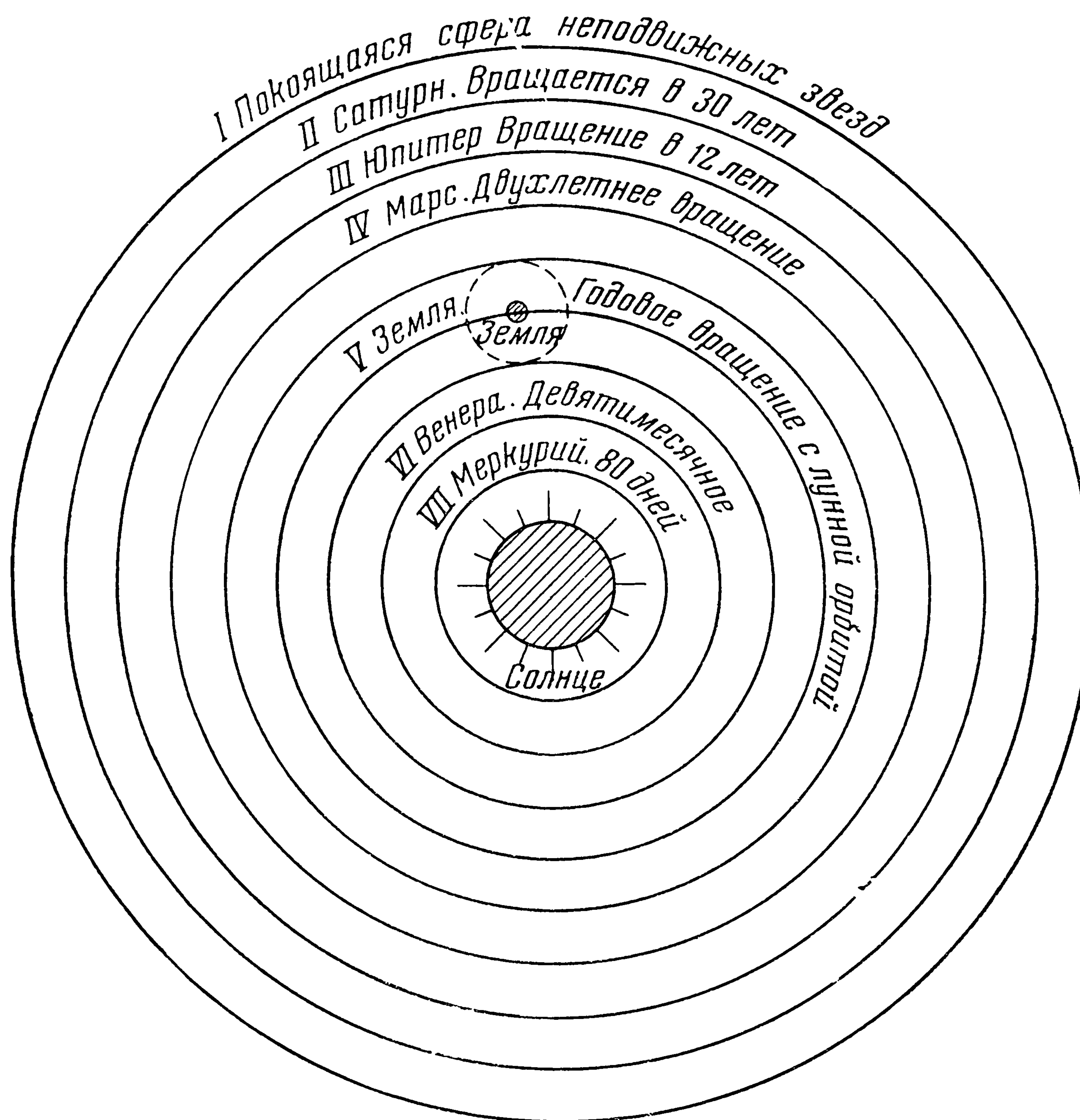
позволяет кривизна их орбит, поэтому эти светила не обходят вокруг Земли, как другие планеты, но имеют повернутые вовнутрь апсиды. Сле- 24
довательно, что же другое хотят сказать эти писатели, как не то, что центр орбит этих светил находится около Солнца. Таким образом, орбита Меркурия помещается внутри орбиты Венеры, более чем вдвое большей, и находит по величине вполне соответствующее место.

Если теперь кто-нибудь на этом основании отнесет к тому же центру и Сатурн с Юпитером и Марсом, определив только величину их орбит так, чтобы они вместе с этими планетами охватывали и окружали неподвижную Землю, то не ошибется, как показывают числовые отношения их движений. Действительно, известно, что эти планеты находятся ближе к Земле всегда около времени своих восходов вечером (то есть когда они бывают в противостоянии с Солнцем, а Земля занимает место между ними и Солнцем), а всего дальше они бывают от Земли около времени своих заходов вечером, когда скрываются вблизи Солнца, и Солнце, очевидно, бывает между ними и Землей. Все это достаточно ясно показывает, что центр их скорее относится к Солнцу и будет тем же самым, вокруг которого совершают свои обращения Венера и Меркурий.

Если же они все связаны с одним центром, то необходимо, чтобы в пространстве, остающемся между выпуклостью сферы Венеры и вогнутостью Марса, находился тоже круг или гомоцентрическая с ними по обеим своим поверхностям сфера, которая вместила бы в себя Землю вместе с сопутствующей ей Луной и всем тем, что содержится под сферой Луны. Действительно, мы никак не можем отделить от Земли Луну, бесспорно самую близкую к ней, в особенности если в указанном пространстве найдем достаточно обширное и подходящее для нее место. Поэтому нам не стыдно признать, что весь этот подлунный мир и центр Земли движутся по упомянутому Великому кругу между другими планетами, заканчивая свое обращение вокруг Солнца в один год, и что около Солнца находится центр мира. Если же Солнце остается неподвижным, то все видимое движение его должно скорее найти себе объяснение в подвижности Земли. Величина же мира является столь большой что, хотя расстояние Земли от Солнца и имеет достаточно заметную величину по отношению к размерам любых планетных орбит, оно по сравнению со сферой неподвижных звезд не будет заметным. Я полагаю, что это допустить легче, чем устремлять свой ум почти в бесконечное множество сфер, а ведь это принуждены делать те, которые удерживают Землю в середине мира. Но должно скорее следовать мудрости природы, которая как бы больше всего боится произвести что-нибудь излишнее или бесполезное, но зато часто одну вещь обогащает многими действиями.

Хотя все это и очень трудно и даже почти что невозможно помыслить, однако, вопреки мнению многих, если бог позволит, мы сделаем это яснее Солнца для людей, по крайней мере не невежд в математическом искусстве.

Поэтому если сохранить, указанный ранее принцип (ибо никто не приведет более удобного), что размеры орбит измеряются величиной времени обращения, то порядок сфер, начиная с наивысшей, будет следующий.



Первой и наивысшей из всех является сфера неподвижных звезд, содержащая самое себя и все и поэтому неподвижная; она служит местом Вселенной, к которому относятся движения и положения всех остальных светил. Действительно, хотя некоторые полагают, что она каким-то образом движется, мы для этого явления приведем другую причину, выводимую из земного движения. Далее следует первая из планет — Сатурн, завершающий свое обращение в 30 лет, после него — Юпитер, движущийся двенадцатилетним обращением, затем — Марс, который

делает круг в два года. Четвертое по порядку место занимает годовое
вращение, и в этом пространстве, как мы сказали, содержится Земля
с лунной орбитой, как бы эпициклом. На пятом месте стоит Венера, воз-
вращающаяся на девятый месяц. Наконец, шестое место занимает Мер-
курий, делающий круг в восемьдесят дней. В середине всего находится
Солнце. Действительно, в таком великолепнейшем храме кто мог бы
поместить этот светильник в другом и лучшем месте, как не в том, откуда
он может одновременно все освещать. Ведь не напрасно некоторые на-
зывают Солнце светильником мира, другие — умом его, а третьи — пра-
вителем. Гермес Трисмегист называет его видимым богом, а Софоклова 25
Электра — всевидящим. Конечно, именно так Солнце, как бы восседая
на царском троне, правит обходящей вокруг него семьей светил. Также
и Земля не лишается обслуживания Луной, но, как говорит Аристотель 26
в книге «О животных», Луна имеет наибольшее сродство с Землей. В то же
время Земля зачинает от Солнца и беременеет каждый год.

Таким образом, в этом расположении мы находим удивительную со-
размерность мира и определенную гармоничную связь между движением
и величиной орбит, которую иным способом нельзя обнаружить. Здесь
человеку, не ленивому в своих созерцаниях, следует обратить внимание
на то, по какой причине прямое и попятное движения у Юпитера пред-
ставляются большими, чем у Сатурна, и меньшими, чем у Марса, почему
эти движения у Венеры больше, чем у Меркурия, и почему такая смена
движений у Сатурна во время одного оборота наблюдается чаще, чем у
Юпитера, а у Марса и Венеры реже, чем у Меркурия, а также почему
Сатурн, Юпитер и Марс, когда они видимы в течение всей ночи, ближе
к Земле, чем во время их гелиакических восходов и заходов. Когда Марс 27
делается видимым в течение всей ночи, он по величине представляется
равным Юпитеру (отличаясь от него только красноватым цветом), в дру-
гое же время он едва находится среди звезд второй величины и распознает-
ся только в результате тщательного наблюдения следящих за ним. Все
это происходит по одной причине, которая заключается в движении
Земли.

А что ничего подобного не замечается у неподвижных звезд, только
доказывает неизмеримую их высоту, которая заставляет исчезать из вида
даже орбиту годового движения или ее отображение, так как всякому 28
видимому предмету соответствует некоторая величина расстояния, за
которой он больше уже не замечается, как показано в оптике. А именно,
что между наивысшей планетой Сатурн и сферой неподвижных звезд
находится еще очень большой промежуток, доказывает их мерцающий 29
свет. Этим признаком они больше всего отличаются от планет, так как
необходимо, чтобы наибольшая разница была между движимыми и недви-
жимыми. Так велико это божественное творение всеблагого и всевышнего.

Глава XI

Доказательство тройного движения Земли

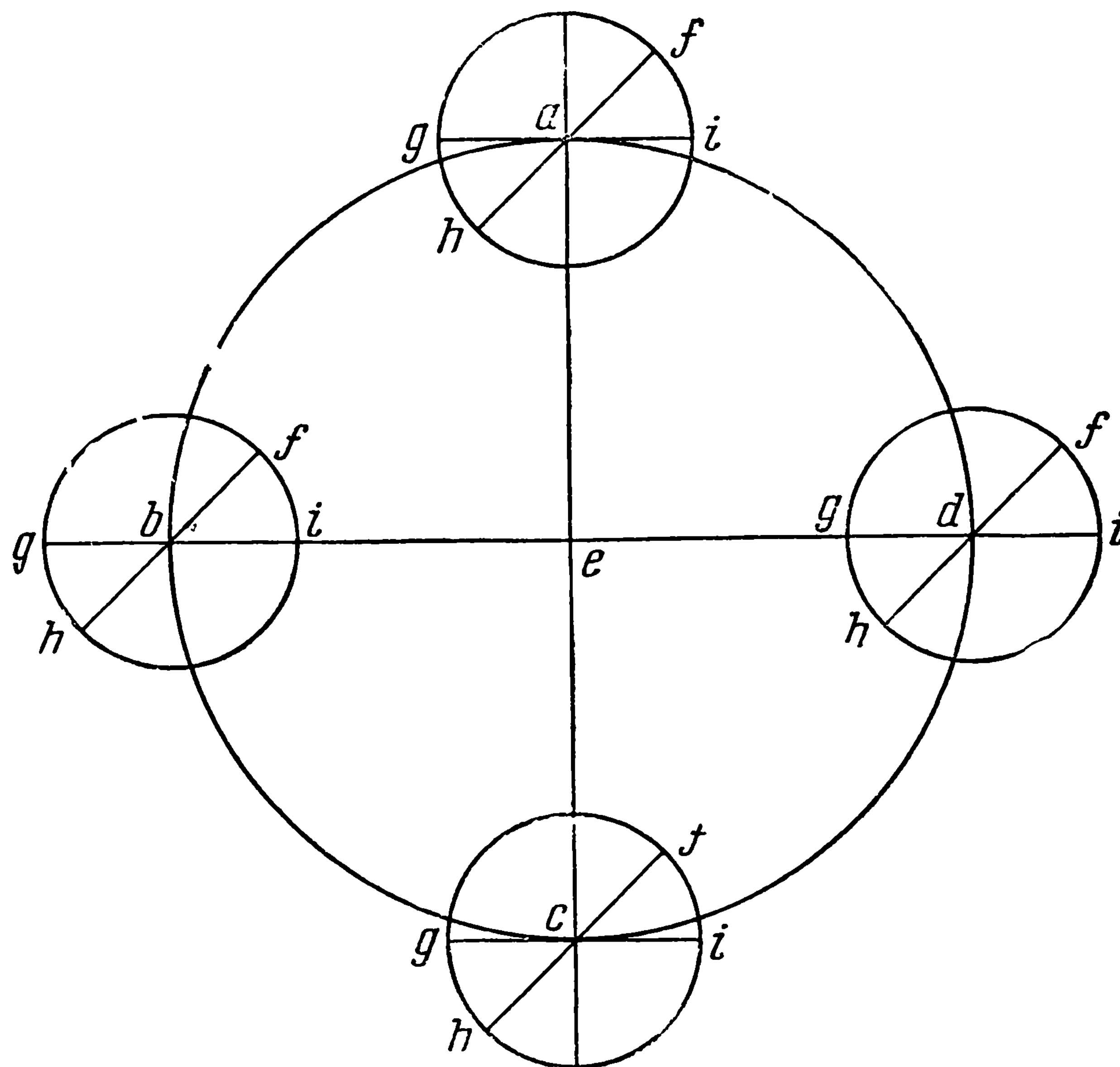
Поскольку так много важных свидетельств планет согласуется с тем,
что Земля подвижна, мы изложим теперь в заключение самое ее движение,
насколько оно, принятое как гипотеза, объясняет видимые явления. Нуж-
но допустить, что Земля имеет всего три движения: первое, которое, как
мы сказали, греки называют νυχθημερινόν, — соответствующее дню и
ночи обращение вокруг оси Земли в направлении с запада на восток,
в зависимости от чего весь мир представляется движущимся в обратном
30 направлении, описывая экваториальный круг, который некоторые на-
зывают равноденственным, подражая терминологии греков, у которых
он называется ἰσημερινός.

Второе — это годовое движение центра, который описывает вокруг
Солнца зодиакальный круг также с запада на восток, то есть в направле-
нии последовательности знаков; этот круг идет между Венерой и Марсом,
которые, как мы сказали, прилегают к нему. Это заставляет само Солнце
казаться нам проходящим зодиак подобным же движением так, что если,
например, центр Земли проходит через Козерог, то Солнце кажется про-
31 ходящим через Рак, из Водолея оно кажется находящимся во Льве, и
так далее (как мы уже говорили). Надо считать, что к этому кругу, кото-
рый расположен по средней линии знаков зодиака, и к его плоскости
равноденственный круг и ось Земли имеют периодически меняющееся
наклонение. Действительно, если бы они были неизменными и только
просто следовали движению центра, то не было бы никакого неравенства
дней и ночей, но всегда было бы или солнцестояние, или кратчайший
день, или равноденствие, или лето, или зима, или какое-нибудь одно и
то же одинаковое время года.

Таким образом, отсюда следует третье деклинационное движение
тоже с годовым обращением, но против последовательности знаков, то
есть противоположно движению центра. Так оба эти почти равные друг
другу и противоположные движения вместе делают, что ось Земли и наи-
большая из ее параллелей — экваториальный круг — смотрят прибли-
зительно в одну и ту же часть мира, как будто бы они оставались все
время неподвижными. Одновременно Солнце представляется движущимся
по наклонному зодиакальному кругу совершенно так же, как и центр
32 Земли, и как будто бы последний был центром мира, если только ты вспо-
мнишь, что расстояние между Солнцем и Землей на сфере неподвижных
звезд уже ускользает от нашего зрения.

А для доказательства, что все это обстоит именно так (это желатель-
33 нее показать наглядно, чем рассказывать), опишем круг *abcd*, который
представляет годовой путь центра Земли на поверхности зодиака, и пусть

e будет Солнце, находящееся около его центра. Этот самый круг я рассеку на четыре части, проведя диаметры *aec* и *bed*. Пусть точку *a* занимает начало созвездия Рака, *b* — Весов, *c* — Козерога, *d* — Овна. Примем также, что центр Земли сначала находится в *a*; вокруг него я начерчу земной экватор *fghi*, но только не в той же самой плоскости; в ней будет находиться лишь диаметр *gai* — общее сечение обоих кругов, а именно экватора и зодиака. Проведем также диаметр *fah* под прямым углом к

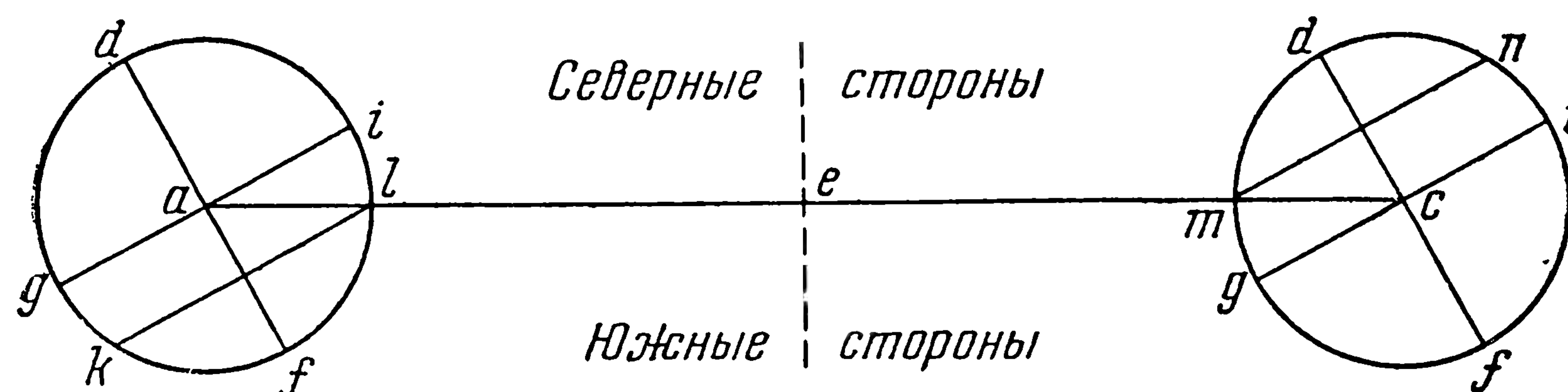


gai; пусть точка *f* будет пределом наибольшего отклонения к югу, а *h* — к северу. В таких предположениях жители Земли будут видеть Солнце в центре *e*, совершающим свой зимний солнцеворот под знаком Козерога; это будет производить обращенное к Солнцу наибольшее северное отклонение *h*. Таким образом, наклон экватора к линии *ae* заставляет ее в суточном вращении описывать параллель зимнего тропика на расстоянии, соответствующем углу наклона *eah*.

Пусть теперь центр Земли пойдет в направлении последовательности знаков, а предел *f* наибольшего отклонения на такой же угол повернется против последовательности знаков, пока оба они в *b* не опишут по четверти окружности. В течение этого времени вследствие равенства обоих 34
вращений угол *eai* будет всегда оставаться равным углу *aeb* и диаметры *fah* и *fbh* будут все время соответственно параллельны, так же как *gai*

и *gbi* и как один экватор параллелен другому. Последние по уже упоминавшейся причине будут представляться на неизмеримости неба одними и теми же. Таким образом, из точки *b* — начала Весов — точка *e* будет усматриваться в Овне и общее сечение упомянутых кругов совпадает с прямой *gbie*; суточное вращение уже не сообщит ей никакого отклонения ⟨от экватора⟩, но все отклонения будут получаться по сторонам. Вот так, Солнце будет усматриваться в весеннем равнодействии.

Пусть в принятых условиях центр Земли продолжает движение; когда в *c* он пройдет полуокружность, то Солнце будет усматриваться входящим в созвездие Рака. Тогда южное отклонение *f* экватора, будучи повернуто



к Солнцу, сделает последнее видимым на севере и описывающим летний тропик на расстоянии, соответствующем углу *ecf* наклона. Затем, когда точка *f* повернется на третью четверть круга, общее сечение *gi* снова попадет на линию *ed*; отсюда Солнце, наблюдаемое в Весах, окажется завершившим осеннее равноденствие. После этого в том же самом движении прямая *hf*, постепенно поворачиваясь к Солнцу, заставит повториться то, что было в начале, откуда исходило наше движение.

Иначе. Пусть опять на плоскости чертежа прямая *aec* будет диаметром и общим сечением с кругом *abc*, восставленным перпендикулярно к упомянутой плоскости. На этом круге в точках *a* и *c*, то есть под знаками Рака и Козерога, начертим соответственно круговые сечения Земли через полюса; пусть они будут *dgfi*; пусть ось Земли будет *df*, северный полюс—*d*, южный — *f*, а диаметр экваториального круга — *gi*. Когда *f* обращается к находящемуся в *e* Солнцу и отклонение экватора будет к северу на угол *iae*, вращение вокруг земной оси заставит описать параллельный экватору южный круг с диаметром *kl* и расстоянием *li*, представляющий для Солнца тропик Козерога. Или, чтобы сказать правильнее, это движение вокруг оси по отношению к *ac* совершается по конической поверхности, имеющей вершину в центре Земли, а в качестве основания — круг, параллельный экватору. В противолежащем знаке *c* все происходит так же, но в обратную сторону. Таким образом, ясно, как эти два идущие друг к другу навстречу движения, а именно движение центра
35 и наклонения, заставляют ось Земли оставаться в одном и том же и всегда

одинаковом положении, причем все кажется происходящим, как если бы это были движения Солнца.

Мы говорили, что годовые обращения центра и деклинационное яв-
ляются почти равными; если бы они были в точности равны, то следова- 36
ло бы, что точки равноденствий и солнцестояний и вся наклонность зодиа-
ка ничуть не изменялись бы по отношению к сфере неподвижных звезд.
Однако, хотя разница и очень незначительна, она все же обнаружилась,
возрастая с течением времени; действительно, от Птолемея до нашего
времени эти точки уже прошли навстречу приблизительно на 21 градус.
По этой причине некоторые думали, что сфера неподвижных звезд тоже
движется, так что они решили ввести расположенную выше девятую
сферу; но так как и она не оказалась достаточной, то в недавнее время
некоторые добавили еще десятую, не достигнув, однако, той цели, какую
мы надеемся получить при помощи движения Земли, которым пользуемся
в качестве основного принципа и гипотезы для объяснения всего прочего.

[И если мы признаем, что движение Солнца и Луны может быть также 37
объяснено и в предположении неподвижности Земли, то для других пла-
нет это объяснение мало подходит. Поэтому можно думать, что на основа-
нии этих и им подобных соображений Филолай пришел к мнению о дви-
жении Земли; некоторые передают, что такого же мнения держался и Ари-
старх Самосский, и ни на одного из них не производили впечатления те 38
рассуждения, которые приводил и осуждал Аристотель. Но поскольку
эти положения могут быть поняты только острым умом и после продол-
жительного размышления, то они ускользнули от большинства философов;
кроме того, было очень невелико число тех, которые были в то время
опытны в объяснении движений светил, о чем не умалчивает и Платон.
Если же все это и было понято Филолаем или каким-нибудь другим пи-
фагорейцем, то, однако, похоже на истину, что до потомков это не дошло.

Действительно, у пифагорейцев была заповедь: ничего не передавать
письменно и не открывать философских тайн всем людям, а доверять их
только друзьям и близким и передавать из рук в руки. В качестве свиде-
тельства этому сохранилось послание Лисида к Гиппарху; ради достой-
ных памяти выраженных в ней мнений и чтобы показать, как высоко они
ценили философию, мы решили поместить его здесь и им закончить эту
первую книгу. Вот текст этого послания, который мы с греческого пере-
водим следующим образом: «Лисид приветствует Гиппарха. Я никогда бы 39
не мог подумать, что после смерти Пифагора распадется общество его
учеников. Однако, когда мы, вопреки надеждам, оказались рассеянными
по разным местам, как бы после кораблекрушения, благочестиво будет
помнить его божественные заповеди и не сообщать даров философии тем,
которые не произвели очищения духа. Не следует распространять для всех,
чего мы достигли после стольких трудов. Ведь не полагается же тайны эле-
взинских богинь раскрывать перед непосвященными людьми; и делающие

то или другое вполне справедливо считаются неправыми и нечестивыми. Стоит вспомнить, сколько времени понадобилось нам для устранения лежавших на наших сердцах пятен, пока после истечения пяти лет мы не сделались способными воспринимать наставления учителя. Как красильщики после очищения прибавляют какую-то кислоту к краске одежды, чтобы последняя получила несмываемый цвет, который позднее уже не может легко исчезнуть, так и этот божественный муж подготовлял любителей философии, чтобы не обмануться в бывших у него относительно добродетели каждого надеждах. Он не торговал каким-нибудь базарным учением и не прибавлял к пользе истины тех уловок, которыми многие софисты опутывают юношеские умы, но был наставником божественных и общечеловеческих учений. Однако некоторые, подражая его учению, многому придают слишком большие размеры и ведут его не в правильном порядке, не как надлежит обучают юношество, почему они и делают своих слушателей дерзкими и бесстыдными. Ведь они высокие учения философии смешивают с буйными и нечистыми нравами. Это подобно тому, как если бы кто-нибудь налил чистую и прозрачную воду в глубокий колодец, полный грязи; он и грязь растревожит, и воду потеряет. Так бывает и с теми, которые упомянутым образом учат или учатся. Густые и мрачные леса покрывают ум и душу не получивших правильного посвящения и препятствуют полному спокойствию и благоразумию духа. В этом лесу живут все виды пороков, которые изнуряют и отклоняют душу и никак не позволяют выйти чему-нибудь разумному. Назовем прежде всего матерей этих примесей — неумеренность и жадность. И та и другая чрезвычайно плодовиты. Неумеренность родит прелюбодеяние, пьянство, блуд и противоестественные пороки и крайние увлечения, толкающие людей к смерти и гибели. Одних страсть воспламеняла до такой степени, что они не щадили ни матерей, ни родных, а других возбудила против закона, родины и государства, сделала тиранами, поймала в сети и связанных привела к последней казни. А от жадности родились грабежи, убийства, святотатства, отравления и другие того же рода исчадия. Поэтому огнем, железом и всеми силами нужно очищать скрытые места этого леса, в которых гнездятся подобного рода страсти. И лишь когда мы увидим, что благородный дух освобожден от таких страстей, тогда только и будем сеять прекрасные и плодоносные семена. Этому ведь и ты, Гиппарх, учился и не с малым старанием. Но мало из этого сохранил ты, добрый муж, вкусив сицилийской роскоши, а ведь ничего из этого ты не должен был считать второстепенным. Некоторые даже рассказывают, что ты публично говорил о философии, а ведь Пифагор запретил это; он, оставляя по завещанию записки своей дочери Дамо, наказал никому вне семьи их не передавать. Хотя она могла продать их за большие деньги, но не захотела и бедность и заповеди отца ценила дороже золота. Говорят, что такую же заповедь Дамо, умирая, оставила своей дочери Виталии. А мы,

мужчины, не хотим выполнять приказаний наставника, а делаемся преступниками против наших обетов. Поэтому если ты исправишься, то будешь мне дорог, если же нет, то ты для меня умер».]

Мы напомнили вкратце все сведения из натуральной философии, ко- 40
торые необходимы в качестве принципов и гипотез для нашего изложения, а именно, что мир сферичен, неизмерим и подобен бесконечности, что вмещающая все сфера неподвижных звезд находится в покое, что все остальные небесные тела имеют круговое движение. Затем мы приняли, что Земля обладает некоторыми вращениями, и на этом, как на фундаменте, хотим построить всю науку о звездах.

Доказательства, которыми мы будем пользоваться во всем этом труде, основаны на свойствах прямых линий и дуг, плоских и сферических треугольников; хотя из всего этого многое уже известно из «Начал» Евклида, однако в последних нет того, что в данном случае более всего требуется, а именно каким образом можно по углам треугольника определить его стороны, а по сторонам — углы.

Глава XII

О прямых линиях, стягиваемых дугами

Известно, что угол не измеряет стягивающую его прямую линию; равным образом не она, а соответствующая дуга измеряет угол. По этой причине был изобретен способ, которым можно определить величины прямых, стягивающих любую дугу, а при их помощи найти и самую дугу, соответствующую данному углу, и обратно: по дуге определить прямую линию, стягивающую соответствующий угол. Поэтому нам и не показалось неуместным поговорить здесь об этих линиях. Также если в этом месте мы раз навсегда рассмотрим все касающееся сторон и углов плоских и сферических треугольников, что Птолемей изложил в различных местах и только на примерах, то станет более ясным, о чем будем говорить далее.

Круг, как принято у всех математиков, мы делим на 360 частей. Что касается диаметра, то древние принимали его равным 120 частям. Позднейшие математики для устранения дробей при производстве умножений и делений чисел, соответствующих этим линиям, которые большей частью
несоизмеримы линейно, а чаще даже и в квадратах, полагали диаметр 41
равным: одни — двенадцати, другие — двадцати сотням тысяч, третьи — другому рациональному числу частей, начиная с того времени, когда вошли в употребление индийские цифры для обозначения чисел. Этот

способ изображения чисел превосходит всякий другой, как латинский, так и греческий, вследствие некой особой простоты и удобен для вычислений. По этой причине также и мы приняли, что диаметр состоит из 200 000 частей, считая это достаточным для исключения заметной ошибки. Так как все эти линии не относятся друг к другу как целое число к целому числу, то достаточно получить для них приблизительные значения. Это мы изложим при помощи шести теорем и одной задачи, следуя главным
42 образом Птолемею.

Теорема 1. *Если задан диаметр круга, то будут даны и стороны вписанных в этот круг треугольника, квадрата, шестиугольника, пятиугольника и десятиугольника.*

Известно, что радиус, или половина диаметра, равен стороне шестиугольника, сторона же треугольника во второй степени будет втрое, а сторона квадрата вдвое больше квадрата стороны шестиугольника, как



это доказано у Евклида в «Началах». Итак, даны длины сторон: шестиугольника 100 000 частей, квадрата — 141 422, треугольника — 173 205 частей.

Пусть ab будет сторона шестиугольника, которая (на основании первой задачи второй книги или десятой — шестой книги Евклида) рассечена в крайнем и среднем отношениях в точке c; пусть больший отрезок будет bc; достроим bd равной этому отрезку. Тогда и вся abd окажется тоже рассеченной в крайнем и среднем отношениях и меньший отрезок bd будет представлять сторону десятиугольника, вписанного в круг, в котором ab является стороной шестиугольника. Это ясно из пятого и девятого предложений тринадцатой книги Евклида. Сама же линия bd определится так: разделим ab пополам в e; из третьего предложения той же книги Евклида следует, что ebd во второй степени будет в пять раз больше квадрата на eb. Но длина eb дается равной 50 000 частям; берем от нее упятеренную вторую степень, и длина ebd получится равной 111 803 частям; если мы из них вычтем 50 000, соответствующих eb, то останется bd, равная 61 803 частям и представляющая искомую сторону десятиугольника.

Точно так же сторона пятиугольника, которая в квадрате равна вместе взятым квадратам сторон шестиугольника и десятиугольника, будет равной 117 557 частям.

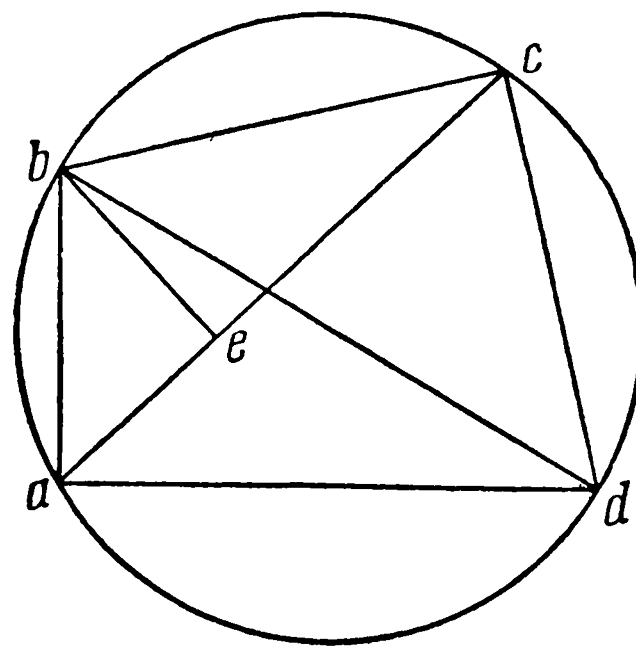
Итак, если задан диаметр круга, то будут даны и стороны треугольника, квадрата, пятиугольника, шестиугольника и десятиугольника, вписанных в тот же круг, что и требовалось доказать.

Следствие. Отсюда очевидно, что если дана хорда какой-нибудь дуги, то будет данной также и хорда той дуги, которая стягивает дополнение первой дуги по полуокружности.

Действительно, угол в полукруге будет прямым, и в прямоугольных треугольниках квадрат стороны, стягивающей прямой угол, то есть диаметра, равен вместе взятым квадратам, построенным на сторонах, заключающих прямой угол; следовательно, если доказано, что сторона десятиугольника, стягивающая дугу в 36 градусов, составляет 61 803 части, каких в диаметре будет 200 000, то дается и хорда, стягивающая остальные 144 градуса полуокружности и равная 190 211 таким частям. Также через сторону пятиугольника, равную 117 557 частям диаметра и стягивающую дугу в 72 градуса, определится прямая, стягивающая дугу, равную остальным 108 градусам полуокружности; она будет равна 161 803 частям диаметра.

Теорема 2 (ἡεἰσαγωγόν). *Если вписать в круг четырехугольник, то* 43
прямоугольник на диагоналях равен вместе взятым прямоугольникам, построенным на противолежащих сторонах.

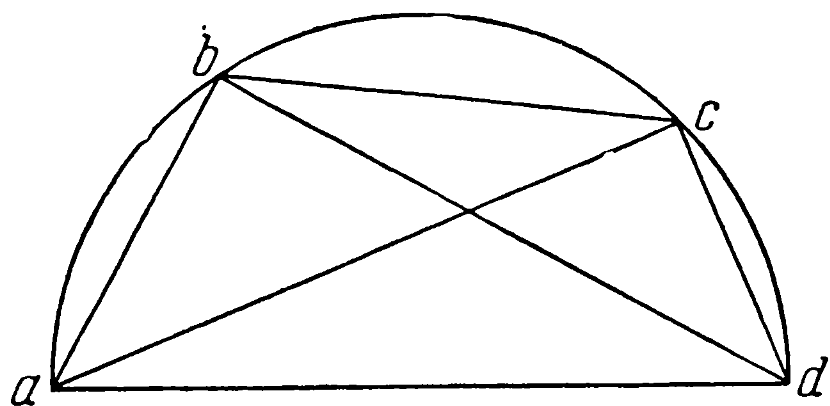
Пусть *abcd* будет четырехугольник, вписанный в круг; я утверждаю, что произведение *ac* на *bd* диагоналей равно вместе взятым произведениям *ab* на *cd* и *ad* на *bc*. Сделаем угол *abe* равным углу *cbd*. Тогда весь угол *abd* будет равен всему *ebc*, ибо *ebd* представляет их общую часть. Также равны друг другу углы *acb* и *bda*, как находящиеся в одном и том же сегменте круга. Следовательно, два подобных треугольника *bce*, *bda* имеют стороны пропорциональными: как *bc* к *bd*, так будет и *ec* к *ad*, и произведение *ec* на *bd* равно произведению *bc* на *ad*. Также подобны и треугольники *abe* и *cbd*, поскольку углы *abe* и *cbd* сделаны равными, а углы *bac* и *bdc* равны, как стягивающие одну и ту же дугу окружности. Опять как *ab* к *bd*, так будет и *ae* к *cd*, и произведение *ab* на *cd* равно произведению *ae* и *bd*. Но уже сказано, что *ad*, помноженное на *bc*, составляет столько же, сколько и *bd* на *ec*. Следовательно после сложения произведение *bd* на *ac* будет равно вместе взятым произведениям *ad* на *bc* и *ab* на *cd*; это и надо было доказать.



Теорема 3. *Из этого следует, что если даны прямые, стягивающие неравные дуги в полукруге, то будет данной и хорда, соответствующая той дуге, на которую большая превосходит меньшую.*

Так, в полуокружности *abcd* с диаметром *ad* даны хорды неравных дуг *ab* и *ac*. Если мы хотим определить хорду *bc*, то согласно сказанному будут

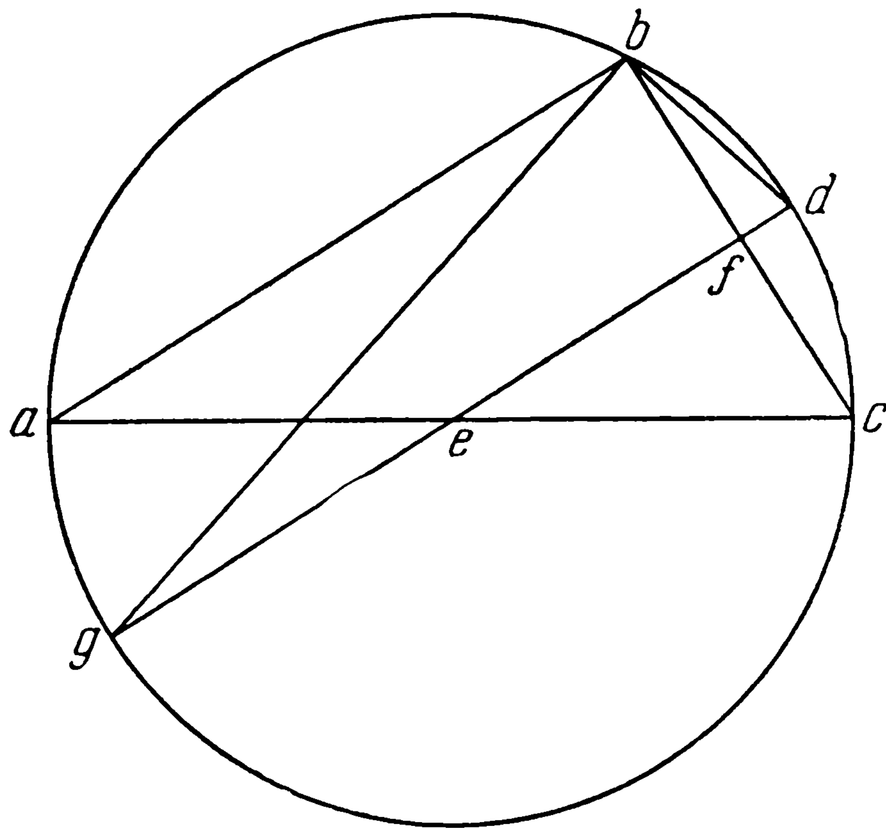
даны хорды bd и cd, дуг, дополняющих до полуокружности; эти четыре прямые образуют в полукруге четырехугольник $abcd$. В нем даны диагонали ac и bd и три стороны: ab, ad и cd; в этом четырехугольнике согласно доказанному произведение ac на bd равняется вместе взятым произведениям ab на cd и ad на bc. Следовательно, если произведение ab на cd отнять от произведения ac на bd, то в остатке получится произведение ad на bc. Таким образом, при помощи деления на ad, производимого насколько возможно точно, вычисляется искомая хорда bc.



Поэтому, если, например, согласно приведенному даны стороны пятиугольника и шестиугольника, то указанным способом определяется хорда, стягивающая соответствующую их разности дугу в 12 градусов; она составляет 20 905 указанных частей диаметра.

Теорема 4. *Если дана хорда, стягивающая какую-нибудь дугу, то также дается и хорда, стягивающая ее половину.*

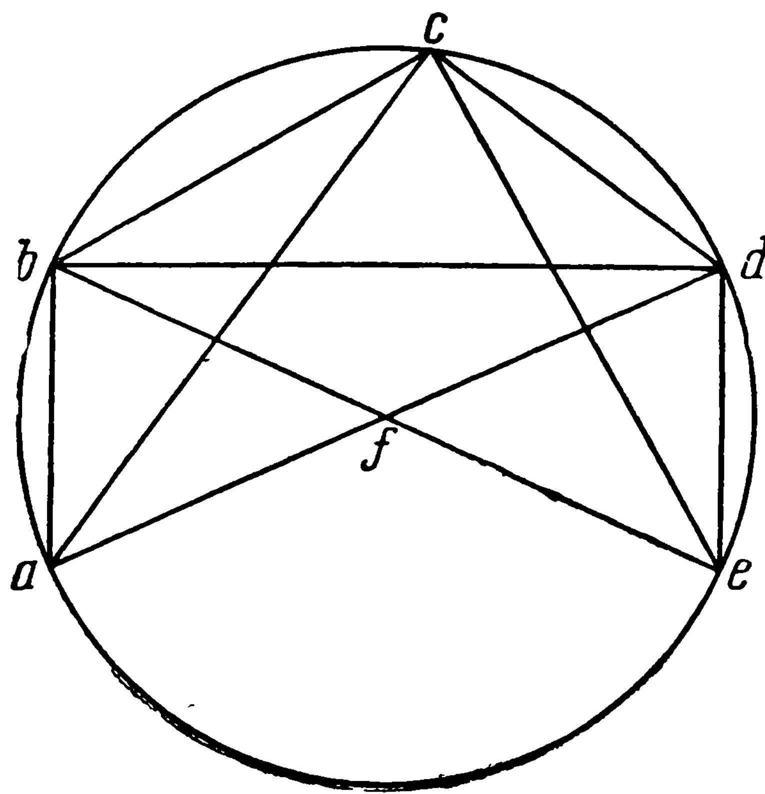
Построим круг abc с диаметром ac, и пусть bc будет заданная дуга вместе со своей хордой; пусть проведенная из центра e линия ef сечет bc под прямыми углами. Согласно третьему предложению третьей книги Евклида она рассечет bc пополам в f, а ее продолжение рассечет пополам и дугу в d. Проведем также ab и bd. Так как треугольники abc и efc прямоугольные, имеют общий угол ecf и поэтому подобны, то, значит, cf является половиной bfc, а ef — половиной ab. Но ab дана как стягивающая дополнение дуги bc до полуокружности; значит, даны ef и остаток df, дополняющий ее до полудиаметра. Проведем диаметр deg и соединим bg. Тогда в треугольнике bdg из вершины прямого угла b опущен перпендикуляр bf на основание. И так как произведение gd на df равно квадрату bd, то дана и длина bd, стягивающая половину дуги bdc.



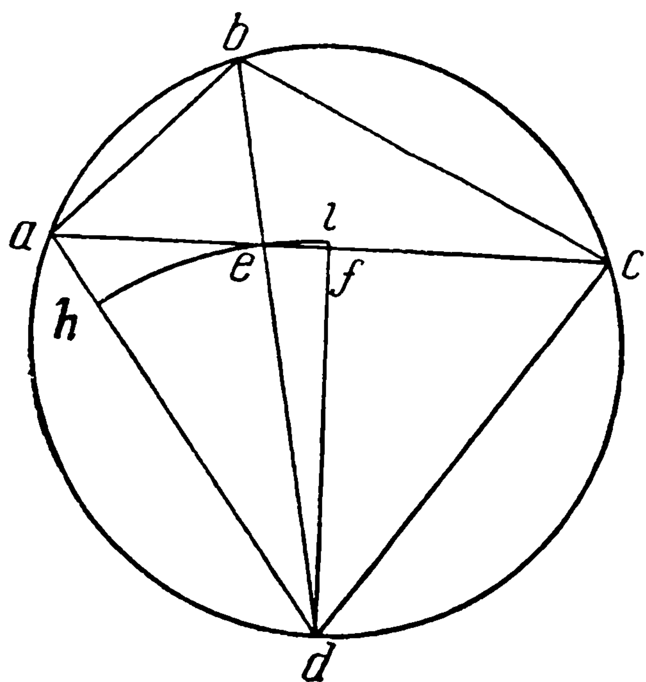
Поскольку же дана хорда, стягивающая дугу в 12 градусов, то будет дана и хорда для дуги в 6 градусов, равная 10 467 частям, и для 3 градусов — 5235 частям и для полутора градуса — 2618 частям и для трех четвертей градуса — 1309 частям.

Теорема 5. *Теперь если даны хорды, стягивающие две дуги, то будет данной и хорда, стягивающую дугу, равную их сумме.*

Пусть в круге даны хорды ab и bc. Я утверждаю, что дана и хорда для всей дуги abc. Действительно, если провести диаметры afd и bfe и стягивающие прямые bd и ce, то согласно предыдущему они будут даны, так как даны ab и bc, и de будет равна ab. Соединяющая прямая cd закончит четырехугольник $bcde$, в котором даны диагонали bd и ce с тремя сторонами bc, de и be, а остающаяся сторона cd определится по второй теореме; поэтому будет дана и хорда ca, как стягивающая дугу, равную дополнению до полуокружности; значит, будет дана и искомая хорда, стягивающая всю дугу abc.



Так как до сих пор уже найдены прямые, стягивающие дуги в три, полтора и три четверти градуса, то, пользуясь этими интервалами, можно точнейшим образом построить таблицу. Вместе с тем если идти через градус, присоединяя один к другому, или по полуградусам, или каким-нибудь другим образом, то нельзя быть вполне уверенным при вычислении хорд этих частей, так как у нас для доказательства отсутствуют геометрические построения. Однако ничто не мешает достичь той же цели другим способом, не делая заметных ошибок и получая результаты в высшей степени мало отличающиеся от принятых чисел. Так, Птолемей, показавший нам это впервые, определял хорды через полтора градуса.



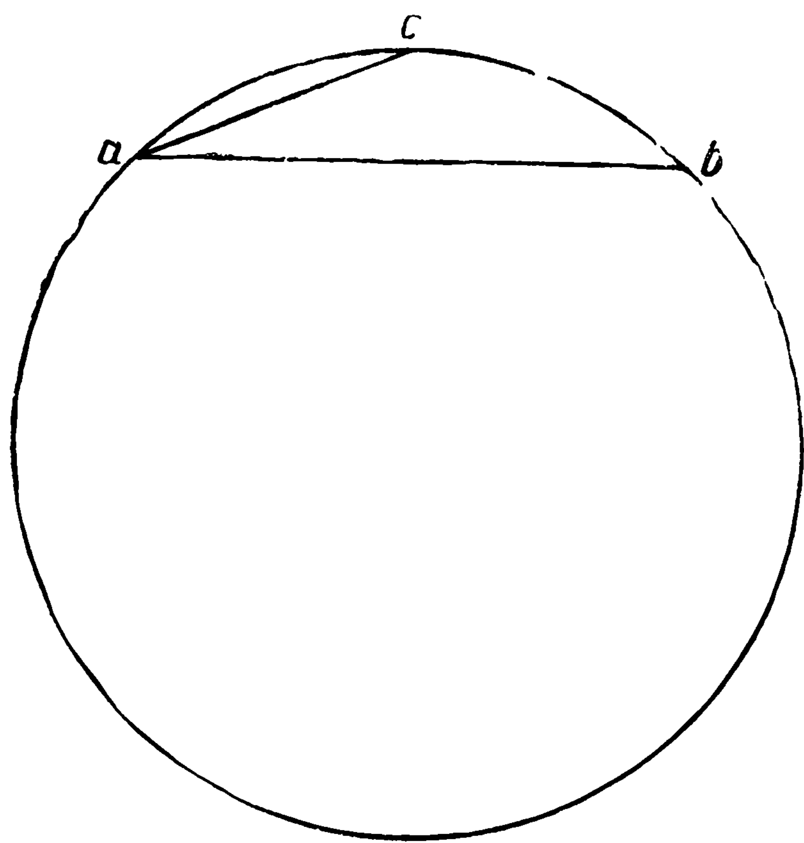
Теорема 6. *Отношение большей дуги к меньшей будет больше отношения соответствующих хорд.*

Пусть в круге даны две прилегающие неравные дуги ab и bc, причем bc будет большей. Я утверждаю, что отношение дуги bc к ab больше, чем отношение хорд bc и ab, заключающих угол b.

Разделим последний пополам прямой bd и проведем соединяющую ac, которая пересечет bd в точке e. Так же проведем ad и cd, которые будут равны вследствие равенства стягиваемых ими дуг. Теперь, так как в

треугольнике *abc* линия, рассекающая угол *b* пополам, пересечет *ac* в точке *e*, отрезки основания *ec* и *ae* будут относиться, как *bc* к *ab*; и так как *bc* более *ab*, то и *ec* будет более *ea*. Восставим к *ac* перпендикуляр *df*; он пересечет *ac* пополам в точке *f*, которая необходимо будет находиться в большем отрезке *ec*. И так как во всяком треугольнике больший угол стягивается и большей стороной, а в треугольнике *def* сторона *de* больше *df* и, кроме того, *ad* больше *de*, то поэтому описанная из центра *d* радиусом *de* дуга пересечет *ad* и пройдет над *df*. Пусть она пересечет *ad* в *h*; продолжим *df* по прямой *dfi*. Так как сектор *edi* больше треугольника *edf*, а треугольник *dea* больше сектора *deh*, то, следовательно, треугольник *def* имеет к треугольнику *dea* отношение меньшее, чем сектор *dei* к сектору *deh*. Но секторы пропорциональны дугам или центральным углам, а треугольники с одной и той же вершиной пропорциональны своим основаниям. Поэтому отношение углов *edf* и *ade* больше, чем отношение осно-
44 ваний *ef* и *ae*. Значит, после композиции отношение углов *fda* и *ade* будет больше, чем отношение оснований *af* и *ae*, и также отношение *cda* к *ade* больше, чем *ac* к *ae*. После же выделения отношение углов *cde* к *eda* будет больше, чем *ce* к *ea*. Но углы *cde* и *eda* относятся, как дуги *cb* и *ab*, а основания *ce* и *ae*, как хорды *cb* и *ab*. Итак, отношение дуги *cb* к дуге *ab* будет больше, чем отношение хорды *bc* к хорде *ab*, что и требовалось доказать.

45 З а д а ч а. Хотя дуга всегда будет больше стягивающей ее прямой, ибо прямая является кратчайшей из всех линий, имеющих одинаковые концы, однако это неравенство при переходе от больших отрезков круга к меньшим стремится к равенству, так что в самом последнем касании с кругом прямая и ее объемлющая одновременно исчезают; следовательно, необходимо, чтобы перед этим они отличались друг от друга на незаметную разность. Пусть, например, дуга *ab* имеет 3 градуса, а *ac* — $1^1/_2$ градуса; доказано, что хорда *ab* равна 5235 частям, каких в диаметре 200 000, а *ac* — 2618 таким же частям. И хотя дуга *ab* вдвое больше *ac*, однако хорда *ab* будет менее удвоенной хорды *ac*, которая только одну частичку добавляет к этим 2617. Если же возьмем *ab* равной одному градусу с половиной, а *ac* — трем четвертям одного градуса, то получим хорду равной 2618 частям, а *ac* — 1309 частям. И хотя *ac* должна быть больше половины хорды, однако она не кажется чем-либо отли-



чающейся от этой половины и уже обнаруживается одинаковость отношений дуг и прямых линий.

Следовательно, поскольку мы дошли до предела, где различие между хордой и ее объемлющей уже исчезает от восприятия, так что они сделались как бы одной прямой, то не сомневаемся, что по этим 1309 частям трех четвертей одного градуса можно, следуя соответственному отношению, получить хорды и для одного градуса и для остальных его частей. Таким образом, добавив к трем частям еще одну четверть, мы составим хорду, стягивающую один градус и равную 1745 частям, а для половины градуса — $871^{1}/_{2}$ части, а для трети — приблизительно 582 частям. Однако я полагаю достаточным поместить в таблице только половины линий, стягивающих удвоенные дуги; при помощи этого сокращения мы сможем сжать в пределах одного квадранта то, что следовало бы распространить на полуокружность. В особенности это следует сделать потому, что в доказательствах и вычислениях гораздо чаще используются эти половины, чем сами линии. Таким образом, мы составили всю таблицу через шестые части градуса в трех столбцах. В первом помещены градусы, или части окружности, и их шестые части. Второй столбец содержит число, соответствующее половине линии, стягивающей удвоенную дугу. Третий столбец дает разности этих чисел, соответствующих каждой отдельной ступени; при их помощи можно пропорционально прибавлять то, что соответствует отдельным минутам. И таблица эта такова. 46

Таблицы хорд в круге

Дуги		Половины хорд удвоенных дуг	Разности		Дуги		Половины хорд удвоенных дуг	Разности	
град	*мин*				*град*	*мин*			
0	10	291	291	291	5	10	9 005	290	290
0	20	582		291	5	20	9 295		290
0	30	873		290	5	30	9 585		289
0	40	1 163		291	5	40	9 874	290	290
0	50	1 454		291	5	50	10 164	289	289
1	0	1 745		291	6	0	10 453		289
1	10	2 036		291	6	10	10 742		289
1	20	2 327		290	6	20	11 031		289
1	30	2 617		291	6	30	11 320		289
1	40	2 908		291	6	40	11 609		289
1	50	3 199		291	6	50	11 898		289
2	0	3 490		291	7	0	12 187		289
2	10	3 781		290	7	10	12 476		288
2	20	4 071		291	7	20	12 764	289	289
2	30	4 362		291	7	30	13 053	288	288
2	40	4 653	291	290	7	40	13 341		288
2	50	4 943	290	291	7	50	13 629		288
3	0	5 234		290	8	0	13 917		288
3	10	5 524		290	8	10	14 205		288
3	20	5 814		291	8	20	14 493		288
3	30	6 105		290	8	30	14 781		288
3	40	6 395		290	8	40	15 069	288	287
3	50	6 685		290	8	50	15 356	287	287
4	0	6 975		290	9	0	15 643		288
4	10	7 265		290	9	10	15 931		287
4	20	7 555		290	9	20	16 218		287
4	30	7 845		290	9	30	16 505		287
4	40	8 135		290	9	40	16 792		286
4	50	8 425		290	9	50	17 078		287
5	0	8 715	290	290	10	0	17 365	287	286

Таблицы хорд в круге

Дуги град	Дуги мин	Половины хорд удвоенных дуг	Разности	Дуги град	Дуги мин	Половины хорд удвоенных дуг	Разности
10	10	17 651	286 286	15	10	26 163	281 280
10	20	17 937	286	15	20	26 443	280 281
10	30	18 223	286	15	30	26 724	280
10	40	18 509	286	15	40	27 004	280
10	50	18 795	286	15	50	27 284	280 280
11	0	19 081	286 285	16	0	27 564	279 279
11	10	19 366	285 286	16	10	27 843	279
11	20	19 652	285	16	20	28 122	279
11	30	19 937	285	16	30	28 401	279
11	40	20 222	285	16	40	28 680	279 279
11	50	20 507	284	16	50	28 959	278 278
12	0	20 791	285 285	17	0	29 237	278
12	10	21 076	284 284	17	10	29 515	278
12	20	21 360	284	17	20	29 793	278 278
12	30	21 644	284	17	30	30 071	277 277
12	40	21 928	284	17	40	30 348	277
12	50	22 212	284 283	17	50	30 625	277
13	0	22 495	283 283	18	0	30 902	277 276
13	10	22 778	284	18	10	31 178	276 276
13	20	23 062	282	18	20	31 454	6 276
13	30	23 344	283	18	30	31 730	6 276
13	40	23 627	283 283	18	40	32 006	276 276
13	50	23 910	282 282	18	50	32 282	275 275
14	0	24 192	282	19	0	32 557	5 275
14	10	24 474	282	19	10	32 832	5 274
14	20	24 756	282 282	19	20	33 106	275 275
14	30	25 038	281 281	19	30	33 381	274 274
14	40	25 319	282	19	40	33 655	4 274
14	50	25 601	281	19	50	33 929	4 273
15	0	25 882	281	20	0	34 202	4 273

Таблицы хорд в круге

Дуги		Половины хорд удвоенных дуг	Разности	Дуги		Половины хорд удвоенных дуг	Разности
град	*мин*			*град*	*мин*		
20	10	34 475	273 273	25	10	42 525	263 263
20	20	34 748	3 273	25	20	42 788	3 263
20	30	35 021	3 272	25	30	43 051	3 262
20	40	35 293	2 272	25	40	43 313	2 262
20	50	35 565	2 272	25	50	43 575	2 262
21	0	35 837	2 271	26	0	43 837	2 261
21	10	36 108	1 271	26	10	44 098	1 261
21	20	36 379	1 271	26	20	44 359	1 261
21	30	36 650	1 270	26	30	44 620	0 260
21	40	36 920	0 270	26	40	44 880	0 260
21	50	37 190	0 270	26	50	45 140	260 259
22	0	37 460	270 270	27	0	45 399	259 259
22	10	37 730	269 269	27	10	45 658	9 259
22	20	37 999	9 269	27	20	45 917	8 258
22	30	38 268	9 269	27	30	46 175	8 258
22	40	38 537	8 268	27	40	46 433	8 257
22	50	38 805	8 268	27	50	46 690	7 257
23	0	39 073	8 268	28	0	46 947	7 257
23	10	39 341	7 267	28	10	47 204	6 256
23	20	39 608	7 267	28	20	47 460	6 256
23	30	39 875	7 266	28	30	47 716	5 255
23	40	40 141	6 267	28	40	47 971	5 255
23	50	40 408	6 266	28	50	48 226	5 255
24	0	40 674	6 265	29	0	48 481	4 254
24	10	40 939	5 265	29	10	48 735	4 254
24	20	41 204	5 265	29	20	48 989	3 253
24	30	41 469	5 265	29	30	49 242	3 253
24	40	41 734	4 264	29	40	49 495	2 253
24	50	41 998	4 264	29	50	49 748	2 252
25	0	42 262	264 263	30	0	50 000	252 252

Таблица хорд в круге

Дуги град	Дуги мин	Половины хорд удвоенных дуг	Разности	Дуги град	Дуги мин	Половины хорд удвоенных дуг	Разности
30	10	50 252	251 251	35	10	57 596	238 237
30	20	50 503	1 251	35	20	57 833	7 237
30	30	50 754	0 250	35	30	58 070	7 237
30	40	51 004	0 250	35	40	58 307	6 236
30	50	51 254	250 250	35	50	58 543	6 236
31	0	51 504	249 249	36	0	58 779	5 235
31	10	51 753	9 249	36	10	59 014	5 234
31	20	52 002	8 248	36	20	59 248	4 234
31	30	52 250	8 248	36	30	59 482	4 234
31	40	52 498	7 247	36	40	59 716	3 233
31	50	52 745	7 247	36	50	59 949	3 232
32	0	52 992	6 246	37	0	60 181	2 232
32	10	53 238	6 246	37	10	60 413	2 232
32	20	53 484	6 246	37	20	60 645	1 231
32	30	53 730	5 245	37	30	60 876	1 231
32	40	53 975	5 245	37	40	61 107	0 230
32	50	54 220	4 244	37	50	61 337	230 229
33	0	54 464	4 244	38	0	61 566	229 229
33	10	54 708	3 243	38	10	61 795	9 229
33	20	54 951	3 243	38	20	62 024	9 227
33	30	55 194	2 242	38	30	62 251	8 228
33	40	55 436	2 242	38	40	62 479	8 227
33	50	55 678	1 241	38	50	62 706	7 226
34	0	55 919	1 241	39	0	62 932	7 226
34	10	56 160	0 240	39	10	63 158	6 225
34	20	56 400	240 241	39	20	63 383	6 225
34	30	56 641	239 239	39	30	63 603	5 224
34	40	56 880	9 239	39	40	63 832	5 224
34	50	57 119	8 239	39	50	64 056	4 223
35	0	57 358	238 238	40	0	64 279	223 222

Таблицы хорд в круге

Дуги град	Дуги мин	Половины хорд удвоенных дуг	Разности	Дуги град	Дуги мин	Половины хорд удвоенных дуг	Разности
40	10	64 501	222 222	45	10	70 916	205 205
40	20	64 723	2 222	45	20	71 121	4 204
40	30	64 945	1 221	45	30	71 325	4 204
40	40	65 166	0 220	45	40	71 529	3 203
40	50	65 386	220 220	45	50	71 732	2 203
41	0	65 606	219 219	46	0	71 934	2 202
41	10	65 825	9 219	46	10	72 136	1 201
41	20	66 044	8 218	46	20	72 337	0 200
41	30	66 262	8 218	46	30	72 537	200 200
41	40	66 480	7 217	46	40	72 737	199 199
41	50	66 697	7 216	46	50	72 936	9 199
42	0	66 913	6 216	47	0	73 135	8 198
42	10	67 129	5 215	47	10	73 333	7 198
42	20	67 344	5 215	47	20	73 531	7 197
42	30	67 559	4 214	47	30	73 728	6 196
42	40	67 773	4 214	47	40	73 924	5 195
42	50	67 987	3 213	47	50	74 119	5 195
43	0	68 200	2 212	48	0	74 314	4 194
43	10	68 412	2 212	48	10	74 508	4 194
43	20	68 624	1 211	48	20	74 702	4 194
43	30	68 835	1 211	48	30	74 896	4 194
43	40	69 046	0 210	48	40	75 088	2 192
43	50	69 256	210 210	48	50	75 280	1 191
44	0	69 466	209 209	49	0	75 471	0 190
44	10	69 675	9 208	49	10	75 661	190 190
44	20	69 883	8 208	49	20	75 851	189 189
44	30	70 091	7 207	49	30	76 040	9 189
44	40	70 298	7 207	49	40	76 299	8 188
44	50	70 505	6 206	49	50	76 417	7 187
45	0	70 711	205 205	50	0	76 604	187 187

Таблицы хорд в круге

Дуги		Половины хорд удвоенных дуг	Разности	Дуги		Половины хорд удвоенных дуг	Разности
град	*мин*			*град*	*мин*		
50	10	76 791	186 186	55	10	82 032	166 166
50	20	76 977	6 185	55	20	82 248	5 165
50	30	77 162	5 185	55	30	82 413	4 164
50	40	77 347	4 184	55	40	82 577	4 164
50	50	77 531	4 184	55	50	82 741	3 163
51	0	77 715	3 182	56	0	82 904	2 162
51	10	77 897	2 182	56	10	83 066	2 162
51	20	78 079	2 182	56	20	83 228	1 161
51	30	78 261	1 181	56	30	83 389	160 160
51	40	78 442	0 180	56	40	83 549	159 159
51	50	78 622	180 179	56	50	83 708	9 159
52	0	78 801	179 179	57	0	83 867	8 158
52	10	78 980	8 178	57	10	84 025	7 157
52	20	79 158	8 177	57	20	84 182	7 157
52	30	79 335	7 177	57	30	84 339	6 156
52	40	79 512	6 176	57	40	84 495	5 155
52	50	79 688	6 176	57	50	84 650	5 155
53	0	79 864	5 174	58	0	84 805	4 154
53	10	80 038	4 174	58	10	84 959	3 153
53	20	80 212	4 174	58	20	85 112	2 152
53	30	80 386	3 172	58	30	85 264	2 151
53	40	80 558	2 172	58	40	85 415	1 151
53	50	80 730	2 172	58	50	85 566	0 151
54	0	80 902	1 170	59	0	85 717	150 149
54	10	81 072	170 170	59	10	85 866	149 149
54	20	81 242	169 169	59	20	86 015	8 148
54	30	81 411	9 169	59	30	86 163	7 147
54	40	81 580	8 168	59	40	86 310	7 147
54	50	81 748	7 167	59	50	86 457	6 145
55	0	81 915	167 167	60	0	86 602	145 145

Таблицы хорд в круге

Дуги		Половины хорд удвоенных дуг	Разности	Дуги		Половины хорд удвоенных дуг	Разности
град	*мин*			*град*	*мин*		
60	10	86 747	144 145	65	10	90 753	122 122
60	20	86 892	4 144	65	20	90 875	1 121
60	30	87 036	3 142	65	30	90 996	1 120
60	40	87 178	2 142	65	40	91 116	120 119
60	50	87 320	2 142	65	50	91 235	119 119
61	0	87 462	1 141	66	0	91 354	8 118
61	10	87 603	140 140	66	10	91 472	8 118
61	20	87 743	139 139	66	20	91 590	7 116
61	30	87 882	9 138	66	30	91 706	6 116
61	40	88 020	8 138	66	40	91 822	5 114
61	50	88 158	7 137	66	50	91 936	4 114
62	0	88 295	7 136	67	0	92 050	3 114
62	10	88 431	6 135	67	10	92 164	3 112
62	20	88 566	5 135	67	20	92 276	2 112
62	30	88 701	4 134	67	30	92 388	1 111
62	40	88 835	4 133	67	40	92 499	110 110
62	50	88 968	3 133	67	50	92 609	109 109
63	0	89 101	2 131	68	0	92 718	9 109
63	10	89 232	1 131	68	10	92 827	8 103
63	20	89 363	1 130	68	20	92 935	7 107
63	30	89 493	130 129	68	30	93 042	6 106
63	40	89 622	129 129	68	40	93 148	5 105
63	50	89 751	8 128	68	50	93 253	5 105
64	0	89 879	8 127	69	0	93 358	4 104
64	10	90 006	7 127	69	10	93 462	3 103
64	20	90 133	6 125	69	20	93 565	2 102
64	30	90 258	6 125	69	30	93 667	2 102
64	40	90 383	5 124	69	40	93 769	1 101
64	50	90 507	4 124	69	50	93 870	100 99
65	0	90 631	123 122	70	0	93 969	99 99

Таблицы хорд в круге

Дуги град	Дуги мин	Половины хорд удвоенных дуг	Разности	Дуги град	Дуги мин	Половины хорд удвоенных дуг	Разности
70	10	94 068	98 99	75	10	96 667	74 73
70	20	94 167	8 97	75	20	96 742	3 73
70	30	94 264	7 97	75	30	96 815	2 72
70	40	94 361	6 96	75	40	96 887	2 72
70	50	94 457	5 95	75	50	96 959	1 71
71	0	94 552	4 94	76	0	97 030	70 69
71	10	94 646	3 93	76	10	97 099	69 70
71	20	94 739	3 93	76	20	97 169	8 68
71	30	94 832	2 92	76	30	97 237	8 67
71	40	94 924	1 91	76	40	97 304	7 67
71	50	95 015	0 90	76	50	97 371	6 66
72	0	95 105	90 90	77	0	97 437	5 65
72	10	95 195	89 89	77	10	97 502	4 64
72	20	95 284	8 88	77	20	97 566	3 64
72	30	95 372	7 87	77	30	97 630	3 62
72	40	95 459	6 86	77	40	97 692	2 62
72	50	95 545	5 85	77	50	97 754	1 61
73	0	95 630	5 85	78	0	97 815	60 60
73	10	95 715	4 84	78	10	97 875	59 59
73	20	95 799	3 83	78	20	97 934	8 58
73	30	95 882	2 82	78	30	97 992	8 58
73	40	95 964	1 81	78	40	98 050	7 57
73	50	96 045	1 81	78	50	98 107	6 56
74	0	96 126	80 80	79	0	98 163	5 55
74	10	96 206	79 79	79	10	98 218	4 54
74	20	96 285	8 78	79	20	98 272	4 53
74	30	96 363	7 77	79	30	98 325	3 53
74	40	96 440	7 77	79	40	98 378	2 52
74	50	96 517	6 75	79	50	98 430	1 51
75	0	96 592	75 75	80	0	98 481	50 50

Таблицы хорд в круге

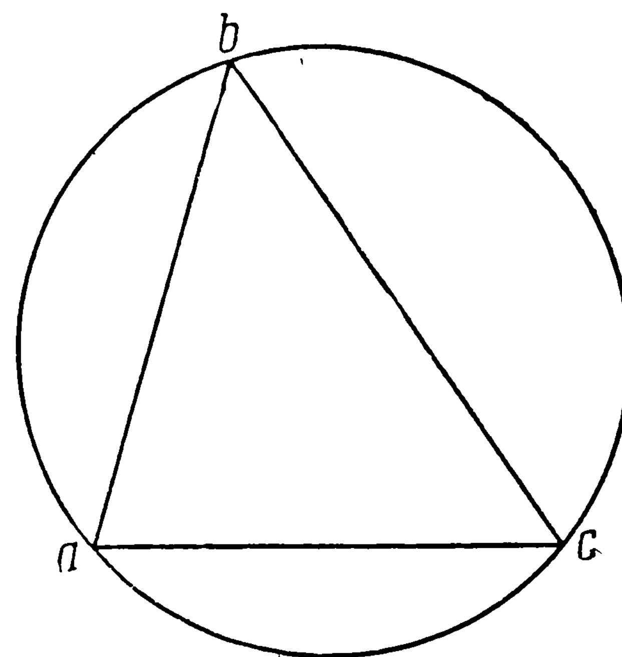
Дуги		Половины хорд удвоенных дуг	Разности	Дуги		Половины хорд удвоенных дуг	Разности
град	*мин*			*град*	*мин*		
80	10	98 531	49 49	85	10	99 644	24 24
80	20	98 580	9 49	85	20	99 668	3 24
80	30	98 629	8 47	85	30	99 692	2 22
80	40	98 676	7 47	85	40	99 714	2 22
80	50	98 723	6 46	85	50	99 736	1 20
81	0	98 769	5 45	86	0	99 756	20 20
81	10	98 814	4 44	86	10	99 776	19 19
81	20	98 858	3 44	86	20	99 795	8 18
81	30	98 902	2 42	86	30	99 813	8 17
81	40	98 944	2 42	86	40	99 830	7 17
81	50	98 986	1 41	86	50	99 847	6 16
82	0	99 027	40 40	87	0	99 863	5 15
82	10	99 067	39 39	87	10	99 878	4 14
82	20	99 106	8 38	87	20	99 892	3 13
82	30	99 144	8 38	87	30	99 905	2 12
82	40	99 182	7 37	87	40	99 917	2 11
82	50	99 219	6 36	87	50	99 928	11 11
83	0	99 255	5 35	88	0	99 939	10 10
83	10	99 290	4 34	88	10	99 949	9 9
83	20	99 324	3 33	88	20	99 958	8 8
83	30	99 357	3 32	88	30	99 966	7 7
83	40	99 389	2 32	88	40	99 973	6 6
83	50	99 421	1 31	88	50	99 979	6 6
84	0	99 452	30 30	89	0	99 985	5 4
84	10	99 482	29 29	89	10	99 989	4 4
84	20	99 511	8 28	89	20	99 993	3 3
84	30	99 539	7 28	89	30	99 996	2 2
84	40	99 567	7 27	89	40	99 998	1 1
84	50	99 594	6 26	89	50	99 999	1 1
85	0	99 620	25 24	90	0	100 000	0 0

Глава XIII

О сторонах и углах плоских прямолинейных треугольников

I. *В треугольнике с данными углами даются и стороны.* 47

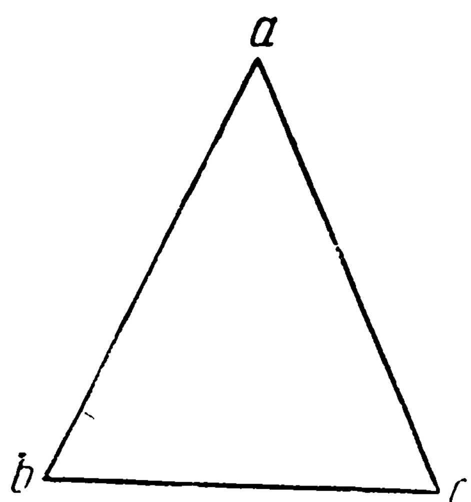
Пусть, скажем, будет треугольник *abc*, около которого описывается круг согласно пятой проблеме четвертой книги Евклида. Тогда будут даны и дуги *ab*, *bc*, *ca* в градусах, 360 которых равны двум прямым. Но 48
если даны дуги, то будут даны и стороны вписанного в круг треугольника, которые являются как бы стягивающими эти дуги хордами. Они определятся по приведенной выше таблице в частях, которых в диаметре будет 200 000.



II. *Если же с некоторым из углов треугольника будут даны и две его стороны, то определится и третья сторона с остальными углами.*

Действительно, данные стороны или равны, или неравны, а данный угол или прямой, или острый, или тупой. Далее, данные стороны или заключают заданный угол, или не заключают.

Пусть сначала в треугольнике *abc* даны две равные стороны *ab* и *ac*, заключающие заданный угол *a*. Тогда будут даны и другие углы, что при основании *bc*, ибо они равны так, что каждый из них будет половиной разности после вычитания угла *a* из двух прямых.



Если сначала дан угол при основании, то тут же дан и парный ему, а затем и остающийся как дополнение их обоих до двух прямых.

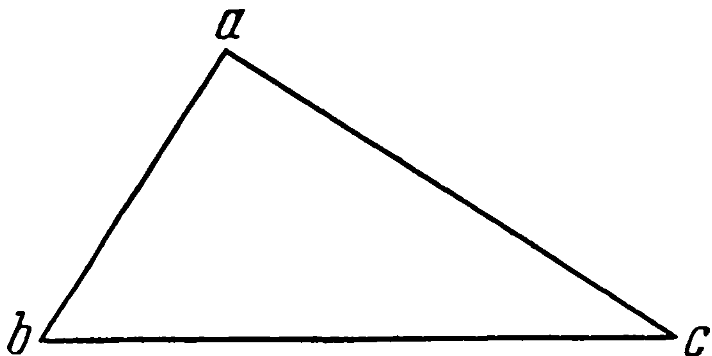
Но в треугольнике с заданными углами даются и стороны. Следовательно, по таблице определится и *bc* в частях, каких в *ab* или *ac*, как бы радиусах, будет 100 000 или каких в диаметре 200 000.

III. *То же получится, если угол bac между данными боковыми сторонами будет прямым.*

Так как совершенно очевидно, что построенные на *ab* и *ac* квадраты, вместе взятые, равны квадрату на основании *bc*, то, следовательно, будет дана длина *bc* и взаимное отношение боковых сторон. Но сегмент круга, заключающий прямоугольный треугольник, будет полукругом, а его основание *bc* — диаметром. Значит, если *bc* была бы равна 200 000

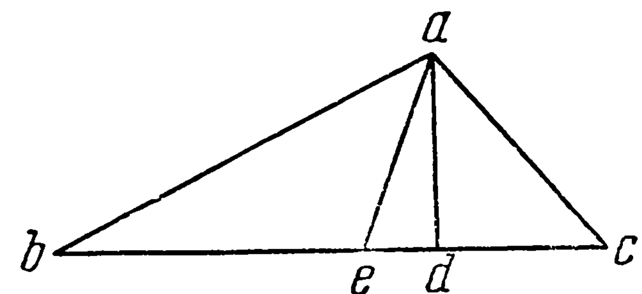
49 частям, то ab и ac будут даны как хорды, стягивающие углы b и c, после чего способом построения таблицы определим их в градусах, 180 которых равняются двум прямым.

То же получится, если будет дана bc с одной стороной из заключающих прямой угол, что, как я полагаю, совершенно очевидно.

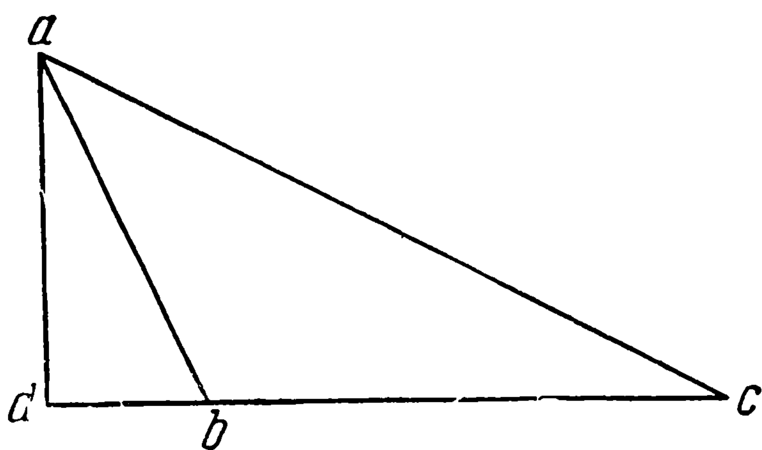


IV. *Пусть теперь заданный угол abc, заключенный между заданными боковыми сторонами ab и bc, будет острый.*

Из точки a опустим перпендикуляр на сторону bc, продолжив ее, если понадобится, в зависимости от того, пройдет ли этот перпендикуляр внутри или вне треугольника; пусть он будет ad. Он разделяет два прямоугольных треугольника abd и adc, и так как в треугольнике abd даются углы (ибо d— прямой, а b дан согласно предположению), то, значит, как прямые, стягивающие углы a и b, даются так же и ad и bd по таблице в частях, каких в ab — диаметре круга—содержится 200 000. Затем в том же отношении, в каком была задана длина ab, определяются также и ad с bd; будет данной и cd, как разность между bc и bd. Следовательно, в прямоугольном треугольнике abc с заданными острыми сторонами ad и cd определится искомая сторона ac и угол acd при помощи предыдущего рассуждения.



V. *То же произойдет, если угол b будет тупым, так как опущенный из точки a на продолжение прямой bc перпендикуляр ad образует треугольник abd с данными углами.*



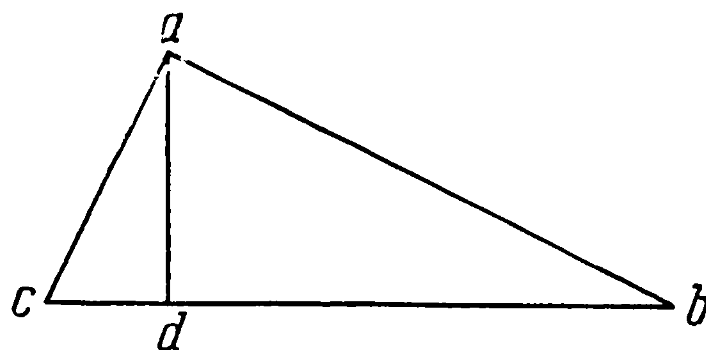
Действительно, угол abd будет дан, как внешний для abc, а d — прямой; таким образом, bd и ad определяются в частях, каких в ab будет 200 000. И так как ba и bc имеют между собой заданное отношение, то, значит, и ab может быть выражена в таких же частях, в каких даны bd и вся cbd. После этого в прямоугольном треугольнике adc по двум заданным сторонам ad и cd определится искомая сторона ac и искомые углы bac и остающийся acb.

VI. *Пусть теперь дан угол b, стягивающий одну из данных сторон; пусть она будет ac, а другая ab.* Тогда по таблице ac определится в частях, каких в диаметре круга, описанного около треугольника abc, содержится 200 000, и при помощи заданного отношения ac к ab в подобных же частях

будет дана и *ab*, а по таблице определится угол *acb* вместе с остающимся углом *bac*, при помощи которого будет дана и хорда *cb*, которая по заданному отношению может быть выражена в любой величине. 50

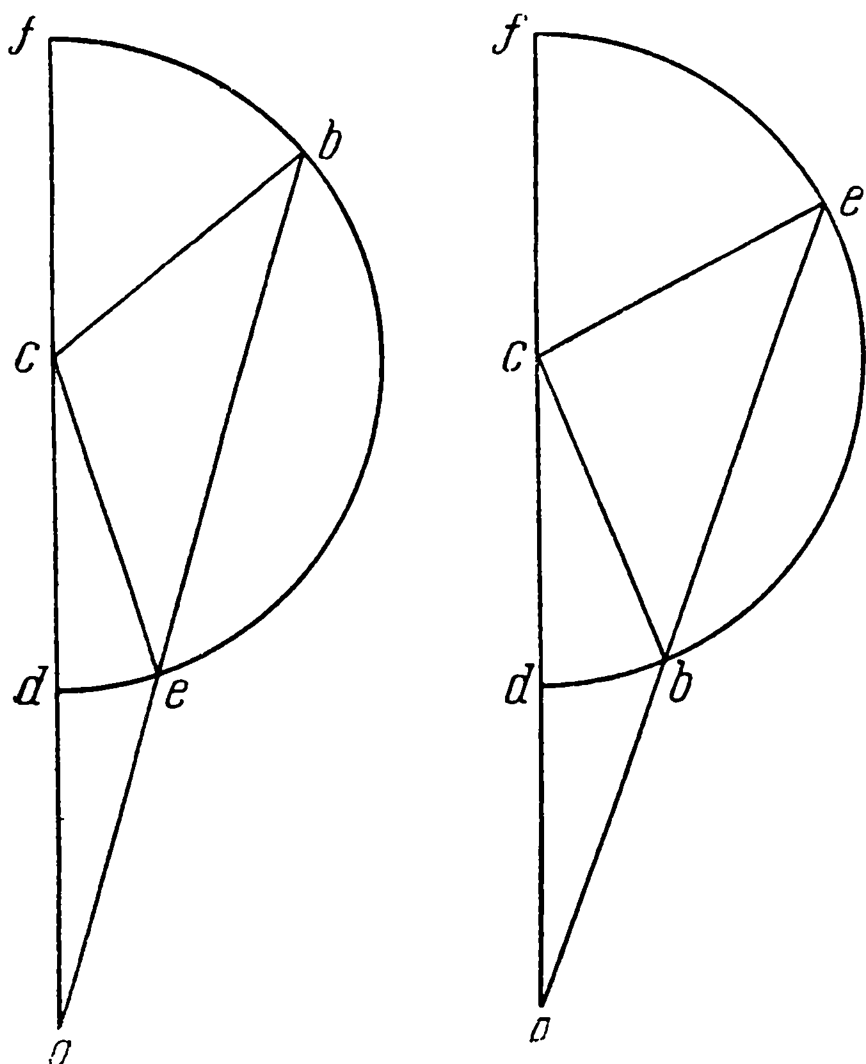
VII. *Если даны все стороны треугольника, то будут даны и углы.*

Для равностороннего треугольника будет проще, если мы скажем, что каждый угол его составляет третью часть двух прямых.



Также это очевидно и для равнобедренных треугольников, так как равные стороны относятся к третьей, как половины диаметра к хорде дуги, при помощи которой содержащийся между равными сторонами угол определяется по таблице в частях, 360 которых вокруг центра составляют четыре прямых. После этого другие углы у основания находятся как половины остатка после вычитания первого из двух прямых.

Следовательно, теперь нам остается доказать это и для разносторонних треугольников, которые мы подобным же образом разделим на прямоугольные. Итак, пусть *abc* будет разносторонний треугольник с заданными сторонами; пусть на самую большую сторону, положим *bc*, опускается перпендикуляр *ad*. Но 13-е предложение второй книги Евклида учит нас, что *ab*, стягивающая острый угол, во второй степени будет меньше взятых квадратов двух других сторон на удвоенное произведение *bc* на *cd*. Действительно, угол *c* должен быть острым; в противном случае сторона *ab* была бы самой большой, что противоречит предположению, как можно видеть из 17-го предложения первой книги Евклида и двух за ним следующих. Значит, будут даны и *bd* с *cd*, а треугольники *abd* и *adc* будут прямоугольными с заданными сторонами и углами, как мы часто уже повторяли; из них определятся и искомые углы треугольника *abc*.



И н а ч е. То же самое можно получить на основании предпоследнего предложения третьей книги Евклида, если мы, взяв более короткую сторону *bc*, из центра *c* радиусом *bc* опишем круг, который пересечет или обе

остающиеся стороны, или одну из них. Пусть он пересечет обе стороны, а именно ab в точке e, а ac в d. Продолжаем прямую adc до точки f, чтобы дополнить диаметр dcf. После этого из упомянутого предложения Евклида будет ясно, что произведение fa на ad равно произведению ba на ae, ибо каждое из них равно квадрату касательной, проведенной к кругу из точки a. Но вся прямая af дана так, как даны все ее отрезки, а именно cf и cd, равные bc и являющиеся радиусами, проведенными из центра к окружности, и ad, на который ac превышает cd. Поэтому будет данным произведение ba на ae, а значит, и длина ae вместе с остатком be — хордой, стягивающей дугу be. Соединив ec, получим равнобедренный треугольник bce с заданными сторонами. Следовательно, будет дан угол ebc. Отсюда в треугольнике abc определятся и остальные углы c и a, на основании предыдущего.

Если круг не пересекает ab, как изображено на другом чертеже, где ab падает на выпуклую сторону окружности, тем не менее be будет данной, и в равнобедренном треугольнике bce дан угол cbe; будет дан и внешний для него угол abc. После этого при помощи тех же самых доказательств, что и раньше, определятся остальные углы.

51 Всего сказанного будет достаточно для прямолинейных треугольников, на которые опирается большая часть геодезии. Теперь мы обращаемся к сферическим треугольникам.

Глава XIV

52
О сферических треугольниках

Мы рассматриваем здесь выпуклый треугольник, который заключается между тремя дугами больших кругов на сферической поверхности. Разность и величины углов мы определяем по дуге большого круга, который описывается из точки пересечения сторон, как из полюса; эту дугу отсекают четверти кругов, заключающие данный угол. Действительно, отсеченная таким образом дуга относится ко всей окружности, как угол сечения к четырем прямым, которые, как мы сказали, содержат 360 равных частей.

I. *Если даны три дуги больших кругов сферы, причем две любые из них вместе будут длиннее третьей, то ясно, что из них можно составить сферический треугольник.*

Действительно, то, что здесь предполагается относительно дуг, в 23 предложении одиннадцатой книги Евклида доказано относительно углов. Так как дуги и углы находятся в одинаковых отношениях и большие круги суть те, которые получаются сечением через центр сферы, то ясно, что три круговых сектора, которым принадлежат дуги, образуют при центре сферы телесный угол. Таким образом, предложенное очевидно.

II. *Необходимо, чтобы любая другая дуга треугольника была меньше полукруга.*

Действительно, полукруг не образует при центре никакого угла, но лежит на прямой линии; остальные же два угла, которым соответствуют дуги, не могут составить в центре телесного угла, а следовательно, и сферического треугольника. Я полагаю, что это и было причиной того, что Птолемей при изложении теории такого рода треугольников, в частности ограничивающих сферический сектор, требует, чтобы взятые дуги были не больше полукруга.

III. *В сферических треугольниках, имеющих прямой угол, хорда, стягивающая удвоенную дугу, лежащую против прямого угла, к хорде, стягивающей удвоенную сторону одну из прилежащих к прямому углу, относится, как диаметр сферы к хорде, стягивающей на большом круге сферы угол, вдвое больший угла, заключенного между последней и первой сторонами сферического треугольника.*

Пусть будет сферический треугольник abc, у
которого угол c прямой. Я утверждаю, что стяги- 53
вающая удвоенную ab к стягивающей удвоенную bc относится, как диаметр сферы к хорде, стягивающей на большом кругу удвоенный угол bac.

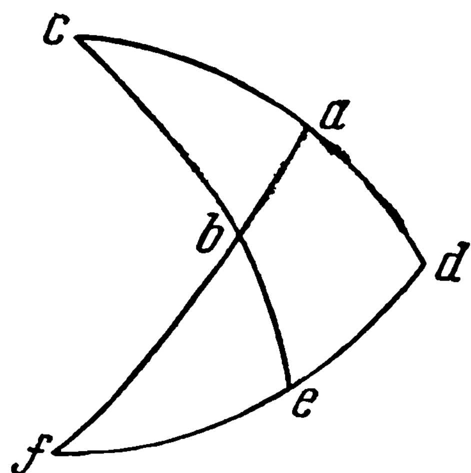
Из точки a, как из полюса, описываем дугу de большого круга и дополняем четверти кругов abd и ace. Затем из центра f сферы проводим общие сечения кругов, а именно fa — кругов abd и ace, потом fe — кругов ace и de, далее fd — кругов abd и de, и, наконец, fc — кругов ac и bc. Затем проводим bg под прямым углом к fa, bi — к fc и dk — к fe и соединяем gi.

Так как круг, проходящий через полюс другого круга, пересекает его под прямыми углами, то угол aed будет прямым, угол acb прямой по предположению, и каждая из плоскостей edf и bcf перпендикулярна к плоскости aef. Поэтому если из точки k проведем в задней плоскости прямую линию перпендикулярно к общему отрезку fke, то она образует с kd прямой угол согласно определению плоскостей, перпендикулярных друг к другу. Поэтому прямая kd на основании четвертого предложения одиннадцатой книги Евклида будет перпендикулярной к aef. Таким же образом восстанавливается bi — перпендикуляр к той же плоскости, а тогда на основании 6-го предложения той же книги dk и bi будут между собой параллельны. Так же будут параллельны gb и fd, поскольку углы fgb и gfd прямые; тогда на основании 10-го предложения одиннадцатой книги «Начал» Евклида угол fdk будет равен gbi. Но угол fkd прямой, а gi, ib согласно определению — перпендикулярные линии. Итак, у подобных треугольников стороны пропорциональны: как df к bg, так будет dk к bi.

Но bi есть половина хорды, стягивающей удвоенную дугу cb, ибо она перпендикулярна к радиусу cf; на том же основании bg будет половиной хорды, стягивающей удвоенную сторону ba, а dk — половиной, стягивающей удвоенную de или угол, вдвое больше угла a. Наконец, df — половина диаметра сферы. Таким образом ясно, что стягивающая удвоенную ab к стягивающей удвоенную bc относится, как диаметр к хорде, которая стягивает удвоенный угол a или удвоенную отсеченную дугу de, что и требовалось доказать.

IV. *Если в каком-нибудь треугольнике, имеющем прямой угол, даны, кроме того, другой угол с любой стороной, то будут даны и остальной угол вместе с остальными сторонами.*

Пусть дан треугольник abc, имеющий прямой угол a, и вместе с ним какой-нибудь другой угол, например b. Относительно данной стороны предполагаем три различных случая: или дана сторона ab, прилежащая к заданным углам, или ac, прилежащая только к прямому, или же bc, противолежащая прямому углу.



Пусть сначала будет дана сторона ab. Из c, как из полюса, опишем дугу de большого круга и, дополнив квадранты cad и cbe, продолжим ab и de до взаимного пересечения в точке f. Тогда в f окажется в свою очередь полюс дуги cad, так как углы при a и d прямые. И если на сфере большие круги пересекаются между собой под прямыми углами, то они пересекаются пополам и проходят один через полюс другого; следовательно, и дуги abf и def будут четвертями окружности. Поскольку дана ab, будут
55 даны и дополнение bf до четверти окружности, и угол ebf, равный данному углу abc как вертикальный. На основании предыдущего доказательства стягивающая удвоенную bf относится к стягивающей удвоенную ef, как диаметр сферы к стягивающей удвоенный угол ebf. Но три из этих величин даны, а именно диаметр сферы и хорды, стягивающие удвоенную дугу bf и удвоенный угол ebf, или их половины; следовательно, на основании 15-го предложения шестой книги Евклида будет дана также половина стягивающей удвоенную сторону ef, а по таблице и сама дуга ef и ее дополнение ed до квадранта или искомый угол c.

Точно так же из двух последовательных отношений хорды удвоенных de и ab будут относиться, как хорды удвоенных ebc и cb. Но три из них уже даны, а именно de, ab и дуга ebc квадранта; следовательно, будет данной и четвертая — стягивающая удвоенную cb и сама искомая сторона cb. И стягивающие удвоенных дуг cb и ca относятся, как стягивающие удвоенных bf и ef, ибо каждое отношение равно отношению диаметра сферы к стягивающей удвоенного угла cba; а если два отношения равны
56 одному и тому же, то они будут равны и между собой. Следовательно,

если даны три *bf*, *ef* и *cb*, то будет дана и четвертая *ca*, то есть последняя сторона *ca* треугольника *abc*.

Пусть теперь сторона, которая предполагается данной, будет *ac*; требуется определить стороны *ab* и *bc* с остающимся углом *c*. Тогда опять после перестановки стягивающая удвоенной дуги *ca* к стягивающей удвоенную *cb* будет иметь то же отношение, как стягивающая удвоенный угол *abc* к диаметру; этим определяется сторона *cb* и дополнения *ad* и *be* до четвертей окружности. Затем подобно этому будем иметь, что как стягивающая удвоенную *ad* к стягивающей удвоенную *be*, так относится и стягивающая удвоенную *abf* (это будет диаметр) к стягивающей удвоенную *bf*. Следовательно, дается дуга *bf* — дополнение стороны *ab*. При помощи рассуждений, подобных предыдущим, по хордам, стягивающим удвоенные *bc*, *ab* и *fbe*, определится стягивающая удвоенную *de* или остающийся угол *c*.

Наконец, если заданной будет сторона *bc*, то опять, как и раньше, определяются *ac* и дополнения *ad* и *be*. При помощи стягивающих их прямых линий и диаметра, как уже часто говорилось, определится дуга *bf* и дополнение — сторона *ab*, а затем согласно предыдущей теореме при помощи данных *bc*, *ab* и *cbe* получается дуга *ed*, а значит, и остающийся угол *c*, который мы искали.

Итак, если в треугольнике *abc* даны два угла *a* и *b*, из которых *a* прямой, вместе с какой-нибудь из трех сторон, то будет дан и третий угол с двумя остальными сторонами, что и требовалось доказать.

V. Если в треугольнике даны все углы, один из которых прямой, то будут даны и стороны.

Сохраняем предыдущий чертеж, на котором вследствие того, что угол *c* дан, будут даны дуга *de* и ее дополнение *ef* до четверти окружности.

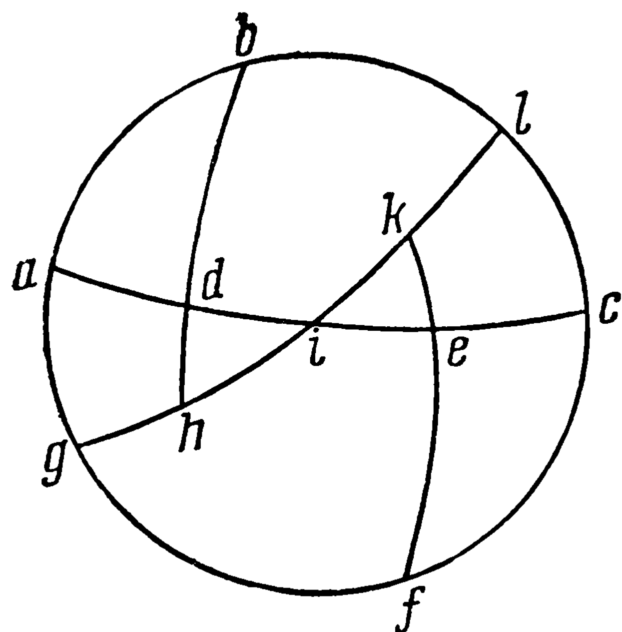
И так как угол *bef* прямой, ибо *be* исходит из полюса дуги *def*, а угол *ebf* вертикальный для заданного угла, то треугольник *bef*, имеющий прямой угол *e* и, кроме того, данные угол *b* со стороной *ef*, будет треугольником с заданными сторонами и углами на основании предыдущей теоремы. Следовательно, будет данной и *bf* и ее дополнение до четверти окружности *ab*, а тогда в треугольнике *abc* будут даны и остальные стороны *ac* и *bc*, как доказывается на основании предыдущего.

VI. *Если на одной и той же сфере два треугольника имеют равными по прямому углу, и кроме того, по одному углу и по одной стороне, которая или прилежит к равным углам, или будет противолежащей какому-нибудь из равных углов, то и остальные стороны одного треугольника равны остальным сторонам другого и эти треугольники будут иметь равными и остающиеся углы.*

Пусть *abc* будет полушарие, на котором берутся два треугольника *abd* и *cef*, у которых углы *a* и *c* прямые и, кроме того, угол *adb* равен *cef* и одна сторона одного равна одной стороне другого; пусть сначала это

57 будут стороны, прилежащие к равным углам, то есть *ad* и *ce*. Я утверждаю, что будут равными стороны *ab* и *cf*, *bd* и *ef* и остающиеся углы *abd* и *cfe*.

Взяв в *b* и *f* полюсы, опишем четверти *ghi* и *ikl* больших кругов, дополним *adi* и *cei*, которые необходимо должны пересечься между собой в полюсе полусферы, находящемся в точке *i*, вследствие того что углы при *a* и *c* прямые, а *ghi* и *cei* описаны через полюсы круга *abc*. Так как стороны *ad* и *ce* предполагаются равными, то, значит, равны и их дополнения —дуги *di* и *ie* —и углы *idh* и *iek* (ибо они будут вертикальными для двух углов, предположенных равными), а углы при *h* и *k* прямые. Так как отношения, равные одному и тому же, равны и между собой, то отношение стягивающей удвоенную *id* к стягивающей удвоенной *hi* будет равно отношению стягивающей удвоенной *ei* к стягивающей удвоенную *ik*, ибо каждое из них на основании третьего предшествующего этому предложения будет таким же, как отношение диаметра сферы к стягивающей удвоенный угол *idh*, или угол, равный удвоенному *iek*.



По 14-му предложению пятой книги «Начал» Евклида, если хорда, стягивающая удвоенную дугу *di*, равна той, которая стягивает удвоенную *ie*, то будут также равны и хорды, стягивающие удвоенные *ik* и *hi*; и так как в равных кругах равные прямые линии отсекают равные дуги и части равнократных находятся в том же отношении, то будут равны взятые по одному разу дуги *ih* и *ik* и дополнения *gh* и *kl* до четвертей окружности, откуда вытекает равенство углов *b* и *f*. Поэтому отношение стягивающей удвоенную *ad* к стягивающей удвоенную *bd* и стягивающей удвоенную *ce*, к стягивающей удвоенную *bd* будет таким же, как отношение стягивающей удвоенную *ec* к стягивающей удвоенную *ef*. Действительно, каждое из них такое же, как отношение стягивающей удвоенную *hg* или ей равную *kl* к стягивающей удвоенную *bdh* или диаметру на основании третьей
58 теоремы, если «обернуть» отношения; и *ad* равна *ce*. Следовательно, на основании 14-го предложения пятой книги «Начал» Евклида *bd* будет равна *ef* вследствие равенства прямых линий, стягивающих эти удвоенные дуги.

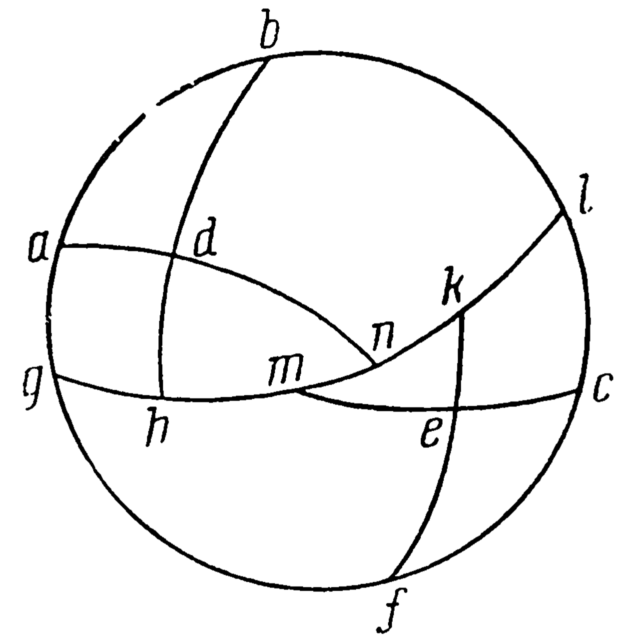
Точно так же на основании равенства *bd* и *ef* докажем, что будут равны и остальные стороны и углы.

Обратно, если было бы предположено равенство сторон *ab* и *cf*, то мы получили бы те же следствия по причине равенства отношений.

VII. *Но, если в треугольнике не будет прямого угла, то можно доказать то же самое, лишь бы стороны, прилежащие равным углам, были равны друг другу.*

Таким образом, если в двух треугольниках *abd* и *cef* два угла *d* и *b* соответственно равны углам *e* и *f* и также сторона *bd*, прилежащая к равным углам, равна стороне *ef*, то я опять утверждаю, что эти треугольники будут с равными сторонами и равными углами.

Действительно, взяв снова полюсы в *b* и *f*, опишем дуги *gh* и *kl* больших кругов. Пусть продолженные *ad* и *gh* пересекутся в *n* и также продолженные *ec* и *lk* пересекутся в *m*. Тогда поскольку два треугольника *hdn* и *ekm* имеют равные углы *hdn* и *kem*, вертикальные для углов, предположенных равными, а углы *h* и *k* прямые вследствие сечения через полюсы, то стороны *dh* и *ek* будут равны. Следовательно, на основании предыдущего доказательства рассматриваемые треугольники будут иметь равные углы и равные стороны.



Затем так как дуги *gh* и *kl* равны вследствие того, что углы *b* и *f* предположены равными, то, значит, вся *ghn* будет равна всей *mkl* на основании аксиомы о прибавлении равных. Следовательно, и тут получаются два треугольника *agn* и *mcl*, у которых сторона *gn* равна *ml*, угол *ang* равен *cml*, а углы *g* и *l* прямые. На основании этого и сами треугольники будут тоже с равными сторонами и углами. Если же от равных отнять равные, то останутся равные, а именно *ad*, равная *ce*, *ab*, равная *cf* и угол *bad*, равный остающемуся углу *ecf*. Это и требовалось доказать.

[Однако в другом случае это доказательство не может быть прове- 59
дено, если именно мы предположим равными стороны, которые будут противолежащими каждому из равных углов, так как если углы *a* и *c* не прямые, то *adh*, *ghn*, *mec* и *mkl* не будут дугами квадрантов, но могут быть больше и меньше].

VIII. *Кроме того, если два треугольника имеют каждый по две стороны, равные двум сторонам другого, и по одному равному углу, который или находится между равными сторонами, или прилегает к основанию, то у них будут также равны и основания и остальные углы одного будут равны остальным углам другого.*

Пусть на предыдущем чертеже сторона *ab* равна стороне *cf*, а *ad* равна *ce* и пусть сначала угол *a*, заключенный между равными сторонами, будет равен углу *c*. Я утверждаю, что также и основание *bd* равно основанию *ef* и угол *b* равен *f* и остающийся *bda* равен остающемуся *cef*.

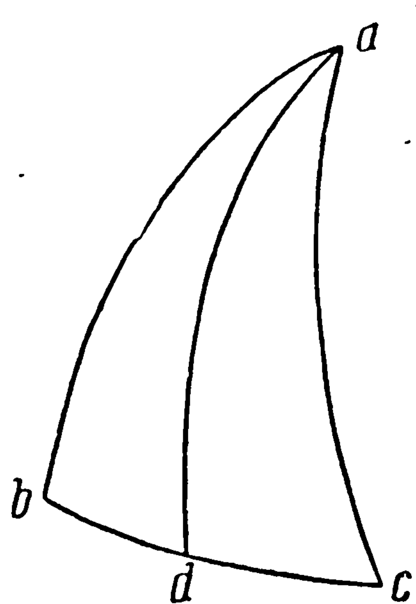
Действительно, мы имеем два треугольника *agn* и *clm*, у которых углы *g* и *l* прямые и *gan* равен *mcl*, как дополнения равных углов *bad* и *ecf*. Следовательно, эти треугольники имеют соответственно равные углы и стороны. Вследствие этого после вычитания равных *ad* и *ce* из равных остаются

также равные dn и me. Но уже выяснено, что угол dnh равен etk, а углы при h и k прямые; тогда оба треугольника dhn и etk будут также взаимно с равными углами и сторонами; отсюда дополнение bd будет равно ef и gh равно kl; поэтому, будут равными углы b и f и остающиеся adb и fec.

Если вместо сторон ad и ec мы примем равными основания bd и ef, противолежащие равным углам, при прочих тех же самых ⟨условиях⟩, то доказательство будет совершенно таким же, ибо углы gan и mcl равны как внешние, g и l — прямые и ag равна cl, и мы опять получим также, что два треугольника agn и mcl будут, как и раньше, взаимно с равными углами и сторонами. Так же и части треугольника dnh и mek будут равны вследствие того, что углы h и k прямые, dnh и kme равные и стороны dh и ek равны, как дополнения до четвертей окружности, откуда следует
60 то же самое, что мы сказали.

IX. *Так же у равнобедренных треугольников на сфере углы при основании друг другу равны.*

Пусть будет треугольник abc, у которого две стороны ab и ac равны. Я утверждаю также, что углы abc и acb при основании будут равны.



Из вершины a проводим большой круг, пересекающий основание под прямыми углами, то есть через его полюсы; пусть он будет ad. Так как у двух треугольников abd и adc сторона ba равна стороне ac и ad у обоих общая, а углы при d прямые, то на основании предыдущего доказательства очевидно, что углы abc и acb равны, что и требовалось доказать.

Следствие. Отсюда вытекает, что дуга, выходящая из вершины равнобедренного треугольника и падающая на основание под прямыми углами, одновременно рассекает пополам и основание и заключенный между равными сторонами угол, и обратно; это ясно из предыдущего доказательства.

X. *Два любых треугольника на одной сфере, имеющие равные друг другу стороны, имеют также и соответственно равные друг другу углы.*

Действительно, у обоих три сектора больших кругов образуют пирамиды, имеющие вершины в центре сферы, а основаниями треугольники, которые заключаются в плоскостях, образованных прямыми линиями, стягивающими дуги выпуклых криволинейных треугольников, и эти пирамиды равны и подобны согласно определению равных и подобных телесных фигур. Сущность подобия заключается в том, что взятые каким-либо определенным образом углы будут взаимно равны; следовательно, эти треугольники будут иметь углы взаимно равные. В частности, те, которые более общим способом определяют подобие фигур, хотят, чтобы

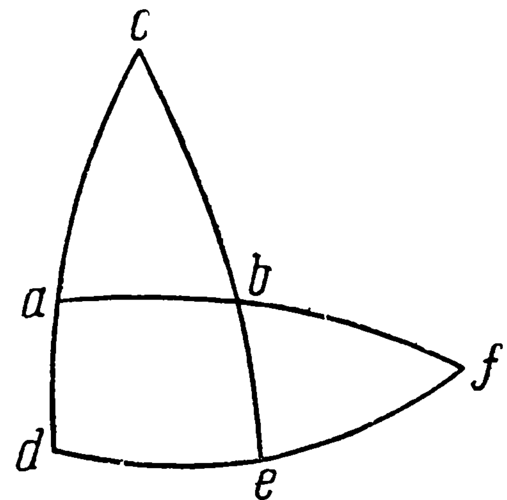
подобными были такие фигуры, которые имеют одинаковые наклоны граней и в них соответственно равные углы. Из этого, как я полагаю, очевидно, что на сфере треугольники с взаимно равными сторонами, будут
подобными, как это имеет место для плоских треугольников. 61

XI. *Всякий треугольник, в котором даны две стороны с каким-нибудь* 62
углом, будет треугольником с заданными углами и сторонами.

Действительно, если данные стороны равны, то и углы при основании будут равными, и после проведения из вершины под прямыми углами к основанию дуги большого круга искомое будет очевидным по следствию из девятого предложения.

Если же данные стороны не равны, как в треугольнике *abc*, в котором дан угол *a* с двумя сторонами, то они могут или заключать данный угол или нет.

Пусть сначала даны заключающие этот угол стороны *ab* и *ac*. Из точки *c*, как из полюса, опишем дугу *def* большого круга и дополним четверти окружностей *cad* и *cbe*; пусть продолжение *ab* пересечет *de* в точке *f*. Тогда в треугольнике *adf* дается сторона *ad* как дополнение *ac* до четверти окружности, а также угол *bad* — дополнение *cab* до двух прямых (ибо у углов, получающихся в пересечении прямых линий, а также плоскостей, отношения и величины одинаковые), а угол *d* — прямой. Следовательно, на основании четвертого предложения этой главы треугольник *adf* будет с данными углами и сторонами. Далее, в треугольнике *bef* угол *f* уже найден, *e* — прямой вследствие сечения через полюс и сторона *bf* дана как разность *abf* и *ab*. Значит, на основании той же теоремы и треугольник *bef* будет с данными сторонами и углами. Отсюда при помощи *be* определяется искомая сторона *bc*, как дополнение до четверти окружности, при помощи *ef* найдется дополнение до *def*; оно будет *de* и даст угол *c*, а при помощи угла *ebf* определяется как вертикальный искомый угол *abc*.



Если вместо *ab* взять сторону *cb*, которая будет противолежащей за- 63
данному углу, то получится то же самое. Действительно, даются дополнения *ad* и *be* до четвертей окружности и при помощи того же самого рассуждения два треугольника *adf* и *bef* будут с данными углами и сторонами, как и раньше, а отсюда предложенный треугольник *abc* окажется с данными сторонами и углами, чего мы и хотели.

XII. *Далее получится то же самое, если будут даны два угла с какой-нибудь стороной.*

Действительно, оставляя предыдущее построение, дадим в треугольнике *abc* два угла *acb* и *bac* вместе со стороной *ac*, прилегающей к обоим углам. При этом если один из заданных углов будет прямым, то все ос-

тальное получается рассуждением на основании четвертого предшествующего этому предложения. Поэтому мы рассмотрим особый случай, когда ни один из них не будет прямым. Тогда *ad* будет дополнением до четверти окружности *cad*, угол *bad* — дополнением *bac* до двух прямых и угол *d* — прямой. Следовательно, в треугольнике *afd* на основании четвертого предложения этой главы даны углы со сторонами. А при помощи данного угла *c* определится дуга *de* и ее дополнение *ef*; затем, угол *bef* — прямой, а *f* — общий для обоих треугольников. Значит, на основании четвертого предложения этой главы даются *be* и *bf*, при помощи которых определятся искомые стороны *ab* и *bc*.

Затем, если один из данных углов будет противолежащим заданной стороне (например, если вместо *acb* дан угол *abc*) при всем остальном неизменном, то при помощи того же доказательства, что и раньше, получится, что весь треугольник *adf* будет с данными углами и сторонами, равно как и частный треугольник *bef*, ибо при наличии общего обоим угла *f*, *ebf* — вертикального с данным и *e* — прямого, все его стороны будут даны, как доказывается в предыдущем; а из этого, наконец, получается то самое, что мы сказали. Итак, все это всегда соединено взаимной и постоянной связью, как и приличествует форме шара.

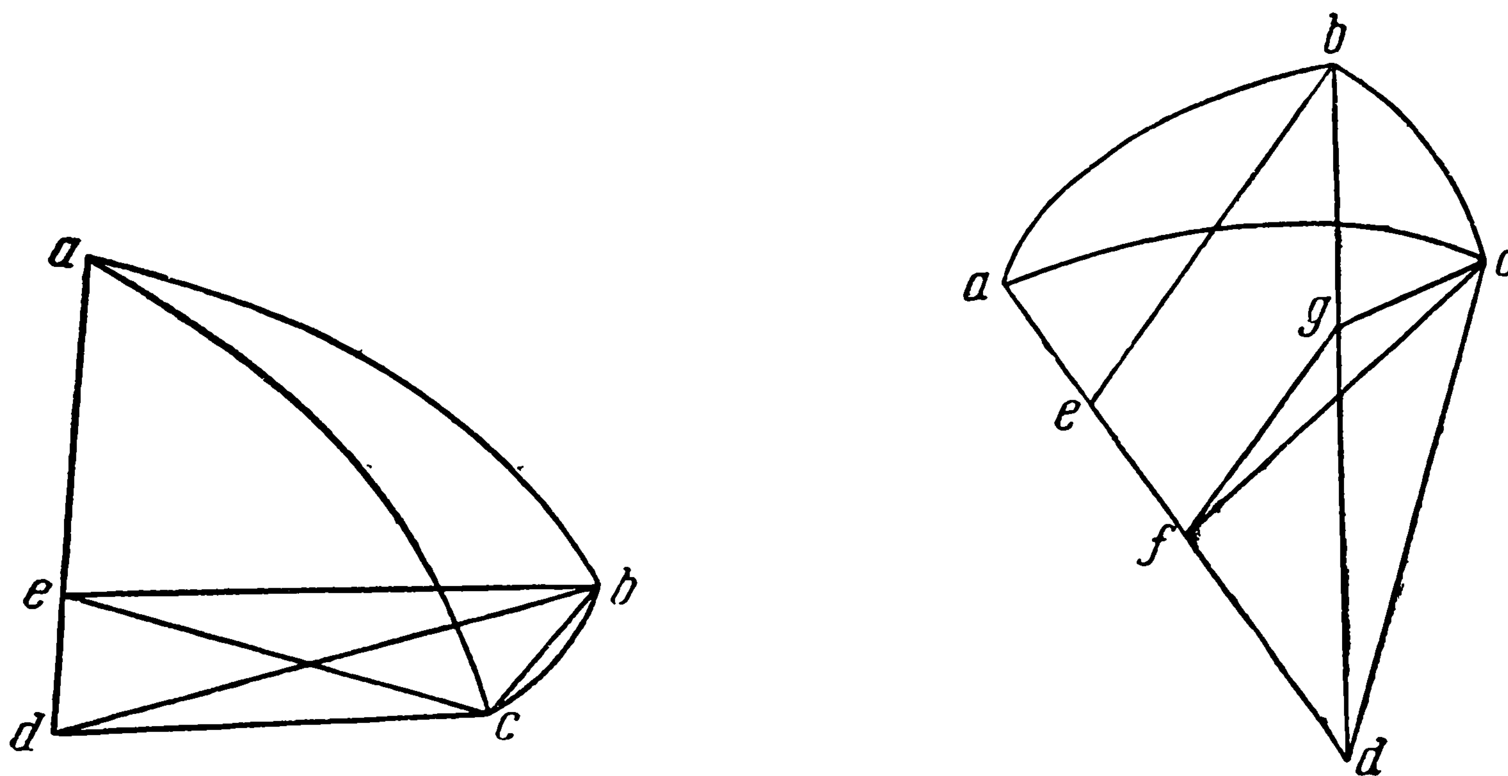
64 XIII. *Наконец, если в треугольнике даны все стороны, то будут данными и углы.*

Пусть в треугольнике *abc* даны все стороны; я утверждаю, что можно определить также и все углы.

Данный треугольник или имеет равные стороны, или же нет. Пусть сначала стороны *ab* и *ac* равны. Тогда ясно, что будут равны и половины хорд, стягивающих удвоенные эти стороны. Пусть они будут *be* и *ce*; они пересекутся в точке *e* вследствие одинаковости их расстояний от центра сферы в общем сечении *de* этих кругов, что ясно из четвертого определения третьей книги Евклида и ему обратного. Но на основании третьего предложения той же книги будут прямыми в плоскости *abd* угол *deb* и в плоскости *acd* угол *dec*. Следовательно, *bec* будет углом наклонения этих плоскостей на основании четвертого определения одиннадцатой книги Евклида; этот угол мы найдем следующим образом. Так как прямая линия *bc* будет хордой, то мы получим прямолинейный треугольник *bec* с данными сторонами, ибо даны соответствующие им дуги; он будет также треугольником с данными углами, и мы найдем искомый угол *bec*, то есть сферический угол *bac*, и все остальные на основании предыдущего.

Если заданный треугольник будет разносторонним, как на втором чертеже, то ясно, что половины прямых линий, стягивающих удвоенные дуги, никоим образом не будут соприкасаться. Действительно, если дуга *ac* больше *ab*, то половина хорды, стягивающей удвоенную дугу *ac* (пусть это будет *cf*), пройдет ниже. Если же она меньше, то *cf* пройдет выше, ибо

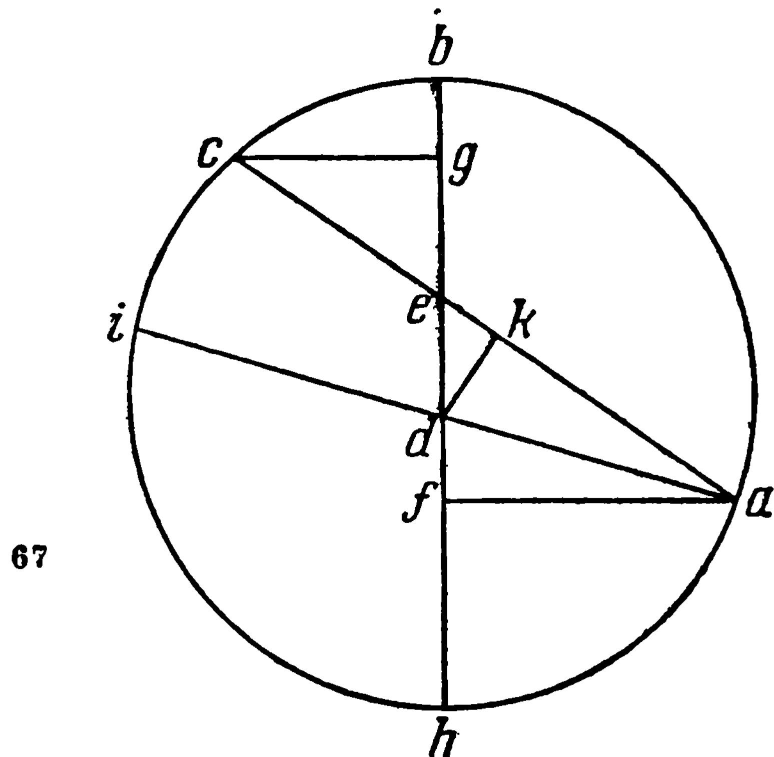
на основании 15-го предложения третьей книги Евклида получается, что эти линии будут то ближе, то дальше от центра. Но тогда параллельно be проведем fg, которая пересечет общую линию bd пересечения кругов в точке g, и соединим cg. Теперь очевидно, что угол efg будет прямым и, конечно, равным углу aeb; также будет прямым и угол efc (ибо cf есть половина хорды, стягивающей удвоенную ac). Следовательно, cfg будет углом сечения кругов ab, ac, который мы и ищем. Действительно, df



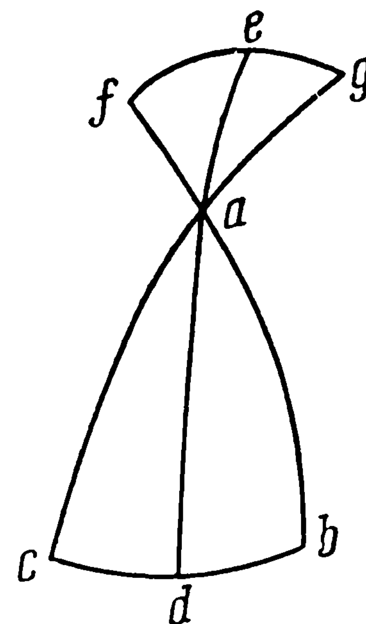
относится к fg, как de к eb, ибо треугольники dfg и deb подобны. Тогда fg определяется в таких же частях, в которых была дана fc. И так как в том же отношении будет и dg к db, то dg определится в частях, каких в dc будет 100 000. И так как угол gdc задан при помощи дуги bc, то, значит, на основании второго предложения о плоских треугольниках сторона gc определится в тех же частях, что и остальные стороны плоского треугольника gfc. Тогда на основании последнего предложения о плоских треугольниках определится угол gfc, то есть искомый сферический угол bac, после этого определим все остальные углы на основании одиннадцатого 65
предложения о сферических треугольниках.

XIV. *Если данная дуга круга как-нибудь рассечена, так что каждый* 66
из отрезков меньше полуокружности, и дано отношение половины хорды, стягивающей удвоенный первый отрезок, к половине хорды, стягивающей удвоенный второй, то будут даны и дуги обоих отрезков.

Пусть дана дуга abc окружности с центром d, которая как-нибудь разделена в точке b, но так, чтобы полученные отрезки были меньше полуокружности; пусть также в каких-нибудь единицах длины дано отношение половины хорды, стягивающей удвоенную дугу ab, к половине хорды, стягивающей удвоенную bc. Я утверждаю, что будут даны и дуги ab и bc.



Проведем хорду ac, которая пересечет диаметр в точке e, и из концов a, c опустим перпендикуляры af, cg на этот диаметр; они необходимо будут половинами хорд, стягивающих удвоенные дуги ab и bc. Тогда в прямоугольных треугольниках aef и cge равны углы при вершине e; вследствие этого и сами треугольники будут равноугольными и подобными и имеют пропорциональными стороны, противолежащие равным углам. Как af к cg, так будет и ae к ec. Следовательно, если af или gc даны в каких-нибудь единицах, то в них же мы будем иметь ae и ec; тогда в таких же единицах определится и вся aec. Но стягивающая дугу abc дается в таких частях, в каких выражен радиус deb, а также прямая ak — по-
67 ловина хорды ac — и остаток ek. Проведем соединительные прямые da и dk; они тоже будут даны в тех же частях, что и db, и dk, заключенная в угле dak, будет как бы полухордой, стягивающей дополнение
68 отрезка abc до полуокружности; следовательно, будет дан и угол adk, стягивающий половину дуги abc. Но в треугольнике edk с данными двумя сторонами и прямым углом ekd, будет данным и угол edk, а отсюда и весь угол eda, заключающий дугу ab, а теперь определится и остальная дуга cb, что и требовалось доказать.



69 XV. *Если в треугольнике даны все углы, хотя бы никакой из них не был прямым, то даны и все стороны.*

Пусть будет треугольник abc, в котором даны все углы, но ни один из них не прямой. Я утверждаю, что в нем даны также и все стороны.

Из какого-нибудь угла, положим a, проведем через полюсы bc дугу ad, которая пересечет bc под прямыми углами; сама ad попадет внутрь треугольника, если только один из углов b и c при основании не будет тупым, а другой острым; если бы это случилось, то нужно было бы провести к основанию дугу из вершины тупого угла. Теперь, дополнив четверти окружности в baf, cag, dae и взяв полюсы в b и c, опишем дуги ef, eg. Значит, углы при f и g будут прямыми. В треугольниках, имеющих прямой угол, отношение половины хорды, стягивающей удвоенную дугу ae, к полухорде удвоенной ef будет таким же, как отношение половины диаметра сферы к половине хорды, стягивающей удвоенный угол eaf. Подобно этому, в треугольнике aeg, имеющем прямой угол g, половина хорды удвоенной дуги ae к половине хорды удвоенной eg будет иметь то же

отношение, что половина диаметра сферы к половине хорды, стягивающей удвоенный угол *eag*. Тогда «по равенству» отношений полухорда удвоенной *ef* к полухорде удвоенной *eg* будет иметь то же отношение, что полухорда удвоенного угла *eaf* к полухорде удвоенного угла *eag*. И так как дуги *fe*, *eg* даны, ибо они представляют разности, на которые углы *b* и *c* отличаются от прямых, то отсюда мы получим отношение углов *eaf* и *eag* или *bad* и *cad*, являющихся для них вертикальными. Но весь угол *bac* дан; следовательно, по предыдущей теореме будут также даны и углы *bad* и *cad*. После этого по пятому предложению мы получим стороны *ab*, *bd*, *dc*, *ca* и всю *bc*.

Всего, что сказано выше о треугольниках, будет достаточно для нашей цели. Если говорить об этом подробно, то потребовалась бы особая книга.

1 # К Н И Г А В Т О Р А Я

2 После того, как мы изложили три движения Земли, которые, как мы уверены, доказываются всеми явлениями звездного неба, перейдем к подробному рассмотрению каждого из этих движений в отдельности и исследуем их по мере наших сил. Мы начнем с самого известного всем суточного вращения, которое, как мы сказали, греки называют νυχθήμερον; это движение мы считаем наиболее и непосредственно присущим земному шару, ибо от него, как числа от единицы, возникают месяцы, годы и другие проме-
3 жутки времени, известные под многими именами.

Итак, о неравенстве дней и ночей, о восходе и заходе солнца, частей зодиака и знаков и о всем том, что следует этому роду вращения, мы сообщим вкратце, главным образом потому, что об этом многие писали достаточно подробно, и притом вполне сообразно и согласно с нашими предположениями. Ведь не имеет никакого значения, если того, что они объясняют на основании покоя Земли и вращения Вселенной, мы достигнем, исходя из противоположного мнения, ибо что друг с другом связано взаимно соответствует одно другому. Однако мы не опустим ничего, что было бы необходимым. Но пусть никто не удивляется, что мы до сих пор попросту говорили о восходе и заходе Солнца и звезд и им подобных явлениях; пусть знают, что мы говорим обычным языком, который может быть понят всеми, но всегда помним что:

4 Кто Землею влеком, мимо тех Луна с Солнцем проходят,
Звезды идут чередой, приближаясь и вновь удаляясь.

Глава I

О кругах и их наименованиях

5 Равноденственным кругом мы назвали наибольший из параллельных кругов земного шара, описываемых в его ежедневном вращении вокруг полюсов, а зодиаком — круг, проведенный через середины его знаков; центр самой Земли обходит его в годовом вращении. И так как зодиак косо стоит к равноденственному кругу в меру наклона к нему земной оси, то в дневном вращении Земли он описывает два круга, касающиеся его с двух сторон и являющиеся как бы крайними пределами его наклона; эти круги называют тропиками. Действительно, Солнце кажется совершающим на

них «тропы», то есть солнцевороты, а именно зимний и летний. Поэтому северный из них обычно называют тропиком летнего солнцестояния, а другой, южный — зимнего солнцестояния, как сказано выше при кратком изложении земных вращений.

Затем следует так называемый горизонт, который латиняне называют «ограничителем» (ибо он отграничивает видимую для нас часть мира от скрытой). У этого круга нам кажутся восходящими все те светила, которые заходят; он имеет центр на поверхности Земли, а полюс — над нашей головой. А так как Земля несравнимо мала по отношению к неизмеримости неба, и в частности даже все то, что находится между Луной и Солнцем, согласно
нашей гипотезе, по величине не может быть сравниваемо с размерами не- 6
ба, то круг горизонта представляется нам делящим небо пополам, как бы проходящим через центр мира, как мы показали в самом начале. Поскольку горизонт наклонен к равноденственному кругу, то он с обеих сторон касается двух параллельных кругов, а именно северного круга всегда видимых
звезд и южного — круга постоянно невидимых звезд. Эти круги Проклом и 7
греками были названы один арктическим, другой антарктическим; в зависисимости от наклонности горизонта или высоты полюса равноденственного круга они становятся больше или меньше.

Остается еще меридиан, который проходит через полюсы горизонта и также через полюсы равноденственного круга. Поэтому он стоит под прямым углом к каждому из этих кругов; когда Солнце достигает этого круга, то показывает полдень или полночь. Оба эти круга, а именно горизонт и меридиан, имеющие центр на поверхности Земли, всецело следуют движению Земли и как бы нашего зрения. Действительно, глаз предполагает себя везде находящимся в центре сферы и всего вокруг видимого. Поэтому все круги, взятые на Земле, также отражают подобные себе круги на небе, как яснее показывается в космографии и при определении размеров Земли
[Эратосфеном, Посидонием и другими]. И упомянутые круги имеют соб- 8
ственные им принадлежащие имена, в то время как другие могут обозначаться различными способами и именами.

Глава II

О наклоне зодиака, расстоянии тропиков и о том, как они определяются 9

Итак, круг зодиака находится в наклонном положении между тропиком и равноденственным кругом. Поэтому я полагаю необходимым определить расстояние упомянутых тропиков и отсюда величину угла в сечении равноденственного и зодиакального кругов. Это можно установить глазом и при помощи инструментов, из которых лучшим считается следующий.

Приготовляется четырехугольник из дерева или лучше из какого-нибудь другого более твердого материала — камня или металла, чтобы чувствительное к переменам погоды дерево не могло ввести в ошибку наблюдателя. Одна из поверхностей этого четырехугольника должна быть выровнена самым тщательным образом и иметь достаточную для нанесения делений ширину, например в три или четыре локтя. Из одного угла, как из центра, описывается четверть круга такой величины, какую может вместить этот угол. Она делится на 90 равных частей, которые затем подразделяются каждая на 60 минут или насколько возможно. Затем в центре прикрепляется цилиндрический очень хорошо обточенный гномон, так чтобы он, будучи перпендикулярным к этой поверхности, немного над ней возвышался, пожалуй на ширину пальца или даже меньше.

Когда этот инструмент будет приготовлен, надлежит нанести меридианную линию на вымощенной площадке в горизонтальной плоскости, тща-
10 тельно выровненной при помощи гидроскопия или хоробата так, чтобы она не имела наклона ни в какую сторону. На этой площадке описывается круг, и в его центре ставится гномон. Затем мы, наблюдая за некоторое время до полудня, отмечаем место, в котором конец тени коснется окружности круга. То же самое сделаем и после полудня, и находящуюся между дву-
11 мя отметками дугу делим пополам. Прямая, так проведенная через центр и точку деления, совершенно точно укажет нам направления на полдень и на север.

Далее на этой линии, как на основании, воздвигается плоскость построенного прибора и закрепляется по отвесу с центром, обращенным к полудню. Выходящая из него прямая должна быть совершенно точно перпендикулярна меридианной линии. Таким образом, плоскость инструмента будет проходить через меридианный круг.

После этого в дни летнего и зимнего солнцестояний нужно произвести наблюдения над тенями полуденного Солнца, падающими от упомянутого указателя или цилиндрика в центре, причем к вертикальной окружности квадрата приставляется что-нибудь, на чем можно было бы надежнее отметить место тени; положение центра тени точнейшим образом отметим в градусах и минутах. Если мы это сделаем, то дуга окружности между двумя отмеченными тенями, соответствующими летнему и зимнему солнцестояниям, определит нам расстояние между тропиками и всю наклонность зодиака. Взяв половину этой дуги, мы найдем, насколько тропики отстоят от равноденственного круга и каков угол наклона равноденственного круга к тому, который проходит через середины знаков зодиака.

Величину промежутка между двумя упомянутыми границами — северной и южной — Птолемей определяет в 47 градусов, каких во всем круге считается 360, и 42 минуты с 40 секундами, в соответствии с теми наблюде-
12 ниями, которые сделали до него Гиппарх и Эратосфен, а именно 11 частей, каких во всем круге содержится 83. Поэтому, взяв половину этой разни-

цы, которая составляет 23 градуса 51 минуту и 20 секунд (если весь круг принять за 360 градусов), он получил расстояние тропиков от равноденственного круга и угол в сечении последнего с зодиаком. Птолемей полагал, что эта величина является неизменной и так навсегда и останется. Однако оказывается, что с его времени до наших дней все эти величины непрерывно уменьшались. Действительно, мы вместе с некоторыми другими нашими современниками обнаружили, что расстояние между тропиками не превышает 46 градусов и приблизительно 58 минут, откуда угол в сечении получается равным 23 градусам 29 минутам. Таким образом, достаточно ясно, что наклонность зодиака является переменной, о чем подробнее будет сказано ниже, где при помощи достаточно вероятного предположения мы покажем, что она никогда не была больше 23 градусов 52 минут и никогда не будет меньше 23 градусов 28 минут. 13

Глава III

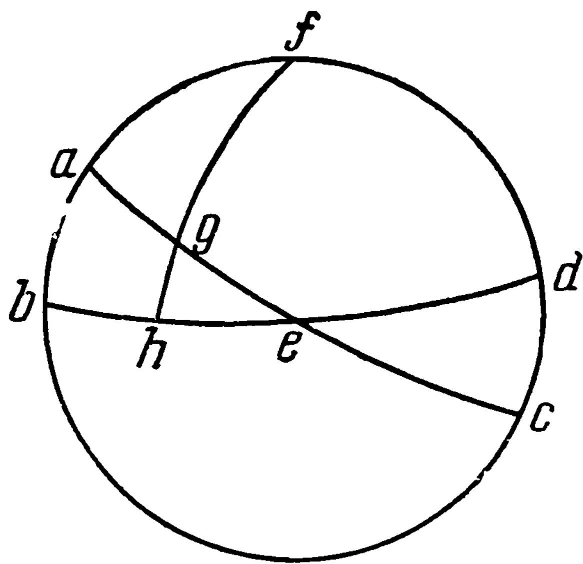
О дугах и углах между пересекающимися кругами — равноденственным, зодиаком и меридианом, по которым определяются склонение и прямое восхождение, и об их вычислении

Если относительно горизонта мы говорили, что на нем восходят и заходят части мира, то о меридианном круге скажем, что на нем светила делят небо пополам. Через него в течение 24 часов проходят зодиак вместе с равноденственным кругом. Меридианный круг отсекает на них дуги от точек весеннего или осеннего равноденствия и сам в свою очередь рассекается ими, вырезающими на нем некоторую дугу. Так как все эти дуги являются большими кругами сферы, то они образуют прямоугольный сферический треугольник, ибо угол, под которым меридиан пересекает равноденственный круг, проходя согласно определению через его полюсы, будет прямым. Дугу меридиана или отсеченную таким же образом дугу какого-либо другого круга, проходящего через полюсы, называют склонением отрезка зодиака. Соответственную дугу на равноденственном круге называют прямым восхождением восходящей вместе с парной ей дугой зодиака.

Все это легко показывается на сферическом треугольнике. Пусть $abcd$ 14
будет круг, проходящий через полюсы равноденственного круга и зодиака (многие называют его колуром), aec будет средняя линия зодиака, bed — половина равноденственного круга, весеннее равноденствие будет в точке e, летнее солнцестояние — в a, а зимнее — в c. Берем также полюс f суточного вращения, а на зодиаке — дугу eg, например, в 30 градусов, через конец которой проводится четверть окружности fgh. Тогда ясно, что в треугольни-

ке *egh* дается сторона *eg*, равная 30 градусам, с углом *geh*, наименьшая величина которого будет 23 градуса 28 минут, как у наибольшего склонения *ab*, если четыре прямых угла считать равными 360 градусам, и, наконец, угол *ghe* прямой. Следовательно, на основании четвертой теоремы о сферических треугольниках сам треугольник *ehg* будет треугольником с данными сторонами и углами.

Действительно, доказано, что стягивающая удвоенную дугу *eg* к стягивающей удвоенную *gh* относится, как стягивающая удвоенную дугу *age*, или диаметр сферы, к стягивающей удвоенную *ab*; в таком же отношении будут и их половины. Половина хорды удвоенной *age* есть радиус, равный 100 000 частей, хорда для *ab* равна 39 822 таким же частям и для *eg* — 50 000 частям, и если четыре числа составляют пропорцию, то произведение средних равно произведению крайних. Поэтому мы получим половину хорды, стягивающей удвоенную дугу *gh*, равной 19 911 частям. Через нее по таблице найдем и самую *gh*, равную 11 градусам 29 минутам и соответствующую склонению отрезка *eg*.



Также и в треугольнике *afg* дается сторона *fg*, равная 78 градусам 31 минуте, и *ag* равная 60 таким же градусам, как дополнения до четвертей
15 круга, а угол *fag* прямой. Прямые, стягивающие удвоенные *fg*, *ag*, *fgh* и *bh* или их половины, будут также пропорциональны. Поскольку три из них даны, будет данной и четвертая *bh*, равная 62 градусам 6 минутам,— прямое восхождение от точки летнего солнцестояния или *he* — от точки весеннего равноденствия, равная 27 градусам 54 минутам.

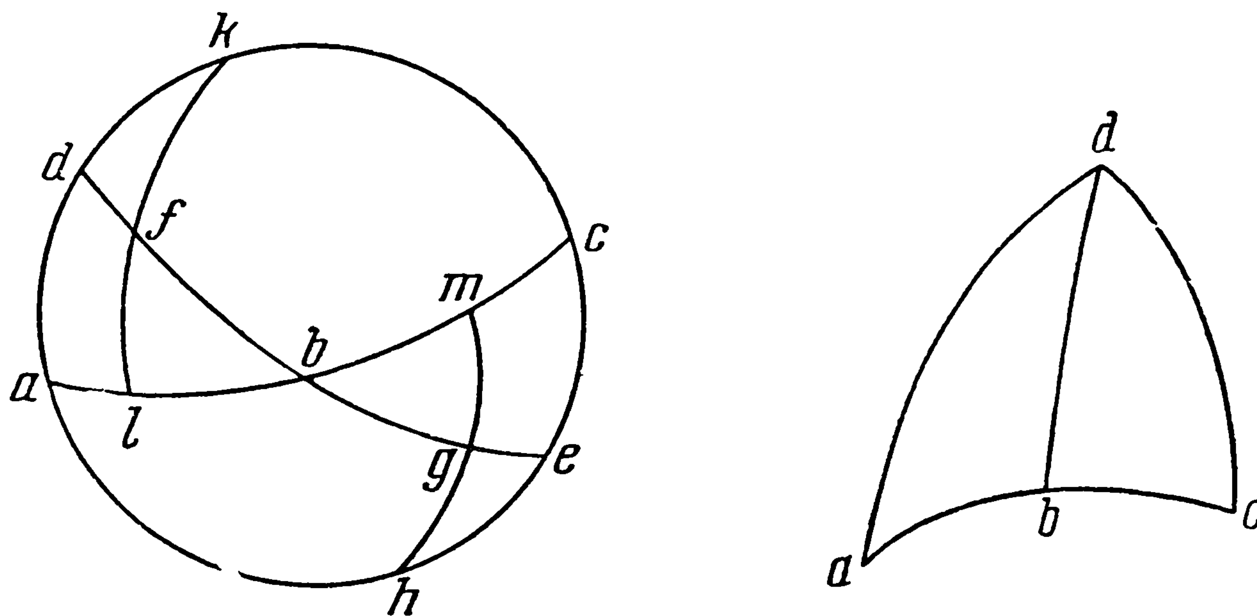
Подобным же образом по данным сторонам: *fg* — 78 градусов 31 минута, *af* — 66 градусов 30 минут и по дуге в четверть окружности мы получим угол *agf*, равный 69 градусам и $23^{1/2}$ минуты приблизительно, чему будет
16 равен и вертикальный с ним угол *hge*. Согласно этому примеру будем поступать и в дальнейшем.

Однако не следует забывать, что меридианный круг пересекает под прямым углом зодиак только в точках, где последний касается тропиков, ибо, как мы сказали, он тогда пересекает, проходя через его полюсы. В равноденственных же точках он будет составлять угол, меньший прямого на угол, на который зодиак отклоняется от прямого, так что этот угол рав-
17 няется 66 градусам 32 минутам.

Также нужно обратить внимание на то, что для равных дуг зодиака, отсчитываемых от равноденственных или тропических точек, получаются одинаковые углы и стороны треугольников. Поэтому если мы опишем окружность *abc* равноденственного круга и зодиак *dbe*, пересекающиеся в точке *b*, где находится равноденствие, возьмем равные дуги *fb* и *bg* и через

полюс суточного вращения (пусть он будет k) проведем две четверти круга
kfl и hgm, то получатся два треугольника flb и bmg, у которых стороны
bf и bg равные, углы при b вертикальные, а при l и m прямые. Следователь-
но, на основании шестой теоремы о сферических треугольниках упомянутые 18
треугольники будут иметь равные стороны и углы. Таким образом, будут
равны склонения fl и mg, прямые восхождения lb и bm и оставшиеся
углы f и g.

То же самое будет ясно, если мы возьмем две равные дуги от тропической
точки, например равные дуги ab и bc по обе стороны от точки b касания с



тропиком. Действительно, если из полюса d равноденственного круга про-
вести четверти кругов da и dc, то точно так же получатся два треугольника 19
abd и dbc с равными основаниями ab и bc и общей стороной bd; у этих треу-
гольников равны углы при b как прямые. На основании восьмой теоремы о
сферических треугольниках докажем, что эти треугольники будут с рав-
ными сторонами и углами.

Из этого становится очевидным, что если даны такие стороны и углы для
одной четверти зодиака, то они будут соответствовать и остальным четвер-
тям всего круга. По этому примеру будем составлять таблицы. В первом
столбце помещаются градусы зодиака, во втором — склонения, соответст-
вующие этим градусам, в третьем — минуты, на которые отличаются и
превышают их склонения, которые получаются при наибольшем наклоне 20
зодиака; наибольшее из этих отклонений равно 24 минутам. Так же сде-
лаем и в таблицах [прямых восхождений и] углов. Действительно, при 21
изменении наклона зодиака необходимо менять и все, что за этим следует.
Впрочем, для прямого восхождения эта разность оказывается очень не-
значительной и не превышает десятой части градуса времени, что для про- 22
межутка в один час составляет только одну стопятидесятую.

⟨Градусами⟩ времени древние называли градусы равноденственного 23
круга, совосходящие с частями зодиака; таких градусов, как мы уже часто
говорили, каждый круг содержит 360. Для их различения они большей

частью называли части зодиака градусами, части же равноденственного круга — градусами времени, и мы в дальнейшем будем подражать им. Хотя эта разность настолько мала, что ей с полным правом можно было бы
24 пренебречь, однако не будет напрасно добавить и ее.

При помощи этих таблиц можно получать значения и для какого угодно другого наклона зодиака, если соответствующие прибавки будем брать пропорционально разности наименьшего наклона зодиака и наибольшего. Так, например, если бы я для наклона в 23 градуса и 34 минуты захотел узнать, какое склонение должно взять для 30 градусов зодиака от равноденствия, то в таблице нахожу 11 градусов 29 минут, а в столбце «разность» 11 минут, которые надо было бы полностью прибавить при наибольшем наклоне зодиака, который, как мы сказали, составляет 23 градуса 52 минуты. Но здесь наклон предполагается равным 23 градусам 34 минутам, следовательно, на 6 минут большим наименьшего. Эти шесть минут составляют четвертую часть от 24 минут, которые дают избыток для наибольшего угла наклона. Пропорциональная этой часть от 11 минут приблизительно равняется 3 минутам. Если я добавлю их к 11 градусам 29 минутам, то получу 11 градусов 32 минуты, которые и будут представлять соответствующее рассматриваемому моменту склонение 30 градусов зодиака, отсчитываемых от равноденствия. Точно так же можно будет делать и с углами и с прямыми восхождениями, с той лишь разницей, что, если для склонений мы всегда должны были прикладывать, теперь придется все время отнимать
25 для того, чтобы в будущем времени получать более точные значения.

Таблица склонений градусов зодиака 26

Град. зодиака	Склонения град	Склонения мин	Разность мин	Град. зодиака	Склонения град	Склонения мин	Разность мин	Град. зодиака	Склонения град	Склонения мин	Разность мин
1	0	24	0	31	11	50	11	61	20	23	20
2	0	48	1	32	12	11	12	62	20	35	21
3	1	12	1	33	12	32	12	63	20	47	21
4	1	36	2	34	12	52	13	64	20	58	21
5	2	0	2	35	13	12	13	65	21	9	21
6	2	23	2	36	13	32	14	66	21	20	22
7	2	47	3	37	13	52	14	67	21	30	22
8	3	11	3	38	14	12	14	68	21	40	22
9	3	35	4	39	14	31	14	69	21	49	22
10	3	58	4	40	14	50	14	70	21	58	22
11	4	22	4	41	15	9	15	71	22	7	22
12	4	45	4	42	15	27	15	72	22	15	23
13	5	9	5	43	15	46	16	73	22	23	23
14	5	32	5	44	16	4	16	74	22	30	23
15	5	55	5	45	16	22	16	75	22	37	23
16	6	19	6	46	16	39	17	76	22	44	23
17	6	41	6	47	16	56	17	77	22	50	23
18	7	4	7	48	17	13	17	78	22	55	23
19	7	27	7	49	17	30	18	79	23	1	24
20	7	49	8	50	17	46	18	80	23	5	24
21	8	12	8	51	18	1	18	81	23	10	24
22	8	34	8	52	18	17	18	82	23	13	24
23	8	57	9	53	18	32	19	83	23	17	24
24	9	19	9	54	18	47	19	84	23	20	24
25	9	41	9	55	19	2	19	85	23	22	24
26	10	3	10	56	19	16	19	86	23	24	24
27	10	25	10	57	19	30	20	87	23	26	24
28	10	46	10	58	19	44	20	88	23	27	24
29	11	8	10	59	19	57	20	89	23	28	24
30	11	29	11	60	20	10	20	90	23	28	24

Таблица прямых восхождений

Град. зодиака	Град. времени		Разность	Град. зодиака	Град. времени		Разность	Град. зодиака	Град. времени		Разность
	град	*мин*	*мин*		*град*	*мин*	*мин*		*град*	*мин*	*мин*
1	0	55	0	31	28	54	4	61	58	51	4
2	1	50	0	32	29	51	4	62	59	54	4
3	2	45	0	33	30	50	4	63	60	57	4
4	3	40	0	34	31	46	4	64	62	0	4
5	4	35	0	35	32	45	4	65	63	3	4
6	5	30	0	36	33	43	5	66	64	6	3
7	6	25	1	37	34	41	5	67	65	9	3
8	7	20	1	38	35	40	5	68	66	13	3
9	8	15	1	39	36	38	5	69	67	17	3
10	9	11	1	40	37	37	5	70	68	21	3
11	10	6	1	41	38	36	5	71	69	25	3
12	11	0	2	42	39	35	5	72	70	29	3
13	11	57	2	43	40	34	5	73	71	33	3
14	12	52	2	44	41	33	6	74	72	38	2
15	13	48	2	45	42	32	6	75	73	43	2
16	14	43	2	46	43	31	6	76	74	47	2
17	15	39	2	47	44	32	5	77	75	52	2
18	16	34	3	48	45	32	5	78	76	57	2
19	17	31	3	49	46	32	5	79	78	2	2
20	18	27	3	50	47	33	5	80	79	7	2
21	19	23	3	51	48	34	5	81	80	12	1
22	20	19	3	52	49	35	5	82	81	17	1
23	21	15	3	53	50	36	5	83	82	22	1
24	22	10	4	54	51	37	5	84	83	27	1
25	23	9	4	55	52	38	4	85	84	33	1
26	24	6	4	56	53	41	4	86	85	38	0
27	25	3	4	57	54	43	4	87	86	43	0
28	26	0	4	58	55	45	4	88	87	48	0
29	26	57	4	59	56	46	4	89	88	54	0
30	27	54	4	60	57	48	4	90	90	0	0

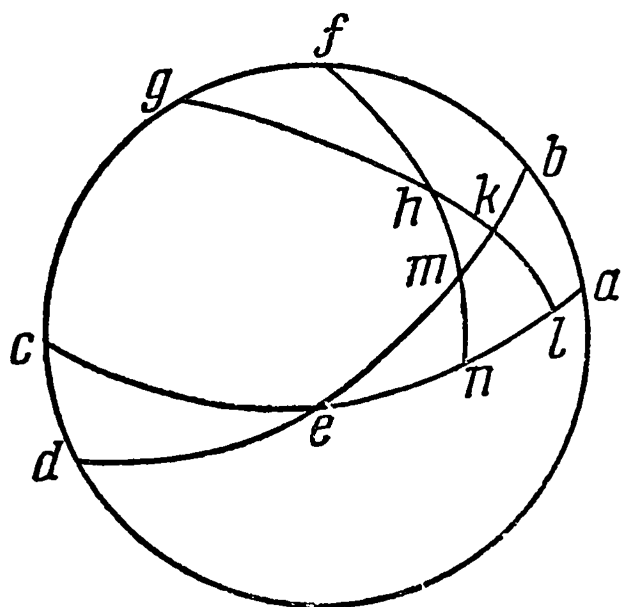
Таблица меридианных углов

Град. зодиака	Угол		Разность	Град. зодиака	Угол		Разность	Град. зодиака	Угол		Разность
	град	*мин*	*мин*		*град*	*мин*	*мин*		*град*	*мин*	*мин*
1	66	32	24	31	69	35	21	61	78	7	12
2	66	33	24	32	69	48	21	62	78	29	12
3	66	34	24	33	70	0	20	63	78	51	11
4	66	35	24	34	70	13	20	64	79	14	11
5	66	37	24	35	70	26	20	65	79	36	11
6	66	39	24	36	70	39	20	66	79	59	10
7	66	42	24	37	70	53	20	67	80	22	10
8	66	44	24	38	71	7	19	68	80	45	10
9	66	47	24	39	71	22	19	69	81	9	9
10	66	51	24	40	71	36	19	70	81	33	9
11	66	55	24	41	71	52	19	71	81	58	8
12	66	59	24	42	72	8	18	72	82	22	8
13	67	4	23	43	72	24	18	73	82	46	7
14	67	10	23	44	72	39	18	74	83	11	7
15	67	15	23	45	72	55	17	75	83	35	6
16	67	21	23	46	73	11	17	76	84	0	6
17	67	27	23	47	73	28	17	77	84	25	6
18	67	34	23	48	73	47	17	78	84	50	5
19	67	41	23	49	74	6	16	79	85	15	5
20	67	49	23	50	74	24	16	80	85	40	4
21	67	56	23	51	74	42	16	81	86	5	4
22	68	4	22	52	75	1	15	82	86	30	3
23	68	13	22	53	75	21	15	83	86	55	3
24	68	22	22	54	75	40	15	84	87	19	3
25	68	32	22	55	76	1	14	85	87	53	2
26	68	41	22	56	76	21	14	86	88	17	2
27	68	51	22	57	76	42	14	87	88	41	1
28	69	2	21	58	77	3	13	88	89	6	1
29	69	13	21	59	77	24	13	89	89	33	0
30	69	24	21	60	77	45	13	90	90	0	0

Глава IV

О том, каким образом можно найти склонение и прямое восхождение любого светила, находящегося вне круга и проходящего по средней линии зодиака, если известна широта и долгота светила, а также вместе с каким градусом зодиака это светило 27 разделяет небо пополам

Вот это сказано относительно зодиака, равноденственного круга и их взаимных сечений. Однако при суточном вращении важно знать не только явления звезд, находящихся на самом зодиаке, при помощи которых выясняются законы видимого движения Солнца, нужно также определять по отношению к равноденственному кругу склонение и прямое восхождение неподвижных и движущихся светил, которые находятся вне зодиака, если только будут даны их долгота и широта.



Итак, опишем круг $abcd$, проходящий через полюсы равноденственного круга и зодиака. Пусть равноденственный полукруг будет aec с полюсом f, а зодиакальный — bed с полюсом g; пусть лежащая в их пересечении равноденственная точка будет e. Из полюса g через светило проведем окружность $ghkl$; пусть данное место светила будет в точке h. Через нее из полюса суточного вращения проведем вниз четверть круга $fhmn$. Тогда ясно, что находящаяся в h звезда попадет на меридиан вместе с двумя точками m и n; дуга hmn представит склонение звезды к равноденственному кругу, а en — восхождение на прямой сфере, которые мы и хотим узнать.

28 Так как в треугольнике kel даются сторона ke и угол kel, а угол ekl прямой, то на основании четвертой теоремы о сферических треугольниках даются и стороны kl и el с остающимся углом kle. Следовательно, будет данной и вся дуга hkl. А вследствие того, что в треугольнике hln даны два угла, а именно hln и прямой угол lnh вместе со стороной hl, то на основании той же самой четвертой теоремы о сферических треугольниках даются и остальные стороны, а именно hn — склонение звезды и ln — избыток над ne, прямым восхождением, на которое перемещается сфера от равноденственной точки к звезде.

29 Или же иным способом. Если на основании предыдущего ты примешь дугу ke зодиака за прямое восхождение дуги le, то и обратно сама le най-

дется по таблице прямых восхождений, lk будет дана как склонение, соответствующее дуге le, а угол kle определится по таблице меридианных углов. Из этого, как уже показано, можно узнать и все остальное. Затем по прямому восхождению en определятся градусы дуги зодиака em для точки m, вместе с которой рассматриваемая звезда делит небо пополам.

Глава V

О сечениях горизонта

Горизонтальные круги у прямой и косой сфер бывают разными. Гори- 30
зонтальным кругом прямой сферы называется круг, к которому стоит перпендикулярно равноденственный круг или который проходит через полюсы равноденственного круга. У косой же сферы горизонтом мы называем круг, к которому равноденственный наклонен. Таким образом, на горизонте прямой сферы восходят и заходят все светила и дни всегда бывают равными ночам. Действительно, все параллели, описываемые в суточном движении, горизонт пересекает пополам, так как он проходит через их полюсы и происходит все то, что мы уже объяснили относительно меридиана. Днем здесь мы называем промежуток времени от восхода до захода Солнца, но не от света до тьмы, как это обычно понимается, то есть от рассвета до сумерек и первого огня, о чем мы, однако, скажем подробнее, когда перейдем к восходу и заходу знаков зодиака.

Наоборот, там, где земная ось стоит перпендикулярно горизонту, ничего не восходит и не заходит, но все совершает круговое движение всегда или в видимой, или в скрытой половине небосвода, если только не будет действовать другое движение, а именно годичное движение вокруг Солнца, в результате которого половину года там вечный день, а в остальное время— ночь. Совершенно так же различаются лето и зима, так как равноденственный круг там совпадает с горизонтом.

Далее, на косой сфере одни светила восходят и заходят, другие постоянно являются видимыми или невидимыми, а дни и ночи бывают неравными. Горизонт, будучи наклонным, в зависимости от степени наклона касается двух параллельных кругов Из них тот, который ближе к видимому полюсу отделяет незаходящие светила, а противоположный, который ближе к невидимому полюсу, отделяет невосходящие. Простирающийся между этими пределами по всей своей ширине горизонт разделяет промежуточ-
ные параллели на неравные дуги, за исключением равноденственного кру- 31
га, который является наибольшим из параллельных, а большие круги сферы пересекаются пополам. Таким образом, наклонный горизонт в верхнем полушарии, прилежащем к видимому полюсу, отсекает большие дуги

параллелей по сравнению с теми, которые находятся в стороне, обращенной к южному или скрытому полюсу, а в скрытом полушарии — наоборот. Солнце, появляясь на этих дугах, в суточном движении производит неравенство дней и ночей.

Глава VI

О том, каковы различия полуденных теней

32 Существуют различия в полуденных тенях, благодаря чему одних людей называют перискиальными, других — амфискиальными, а третьих — гетероскиальными.

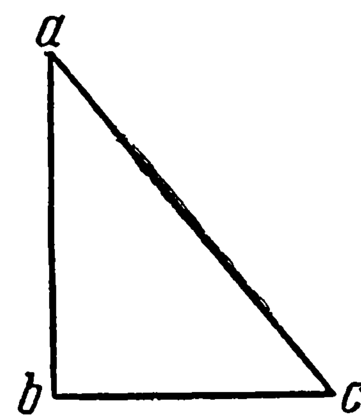
А именно перискиальные, которые мы могли бы называть круготеневыми,— это те, от которых тень Солнца может отбрасываться во все стороны. Для них вершина, или полюс горизонта, отстоит от полюса Земли не более чем тропик от равноденственного круга. Там касающиеся горизонта параллели, представляющие границы всегда видимых или всегда невидимых звезд, будут больше тропиков или равны им. Поэтому летнее Солнце, находясь в области постоянной видимости, в это время отбрасывает тени гномонов в любую сторону. А там, где горизонт касается тропических кругов, последние одновременно являются пределами всегда видимых и всегда невидимых звезд. Поэтому Солнце в момент летнего солнцестояния в полночь кажется касающимся горизонта, и тогда весь круг зодиака совпадает с горизонтом так, что одновременно шесть знаков зодиака восходят и столько же заходят с противоположной стороны, а полюс зодиака совпадает с полюсом горизонта.

Амфискиальные, отбрасывающие полуденные тени в обе стороны,— это люди, обитающие между обоими тропиками. Эту область древние называют средней зоной, так как во всей этой области зодиакальный круг два раза в году стоит отвесно, как это доказывается у Евклида во второй теореме «Явлений». Здесь два раза в году исчезают тени от гномонов, а при переходе Солнца в ту или другую сторону гномоны отбрасывают тень то к югу, то к северу.

А мы, обитающие между первыми и вторыми, гетероскиальны, потому что отбрасываем полуденные тени только в одну сторону, а именно на север.

Древние математики обычно разбивали земной круг на семь «климатов» по параллелям через Мероэ, Сиену, Александрию, Родос, Геллеспонт, середину Понта, Борисфен и Византий и далее по отдельным параллелям в зависимости от различия и избытка у наибольших дней, а также от длины теней, которые они наблюдали при помощи гномонов в полдень в моменты равноденствий и обоих солнцеворотов, или по высоте полюса, или широте каждой дуги. С течением времени все это отчасти изменилось и уже стало не таким, как раньше, вследствие изменения, как мы сказали, наклона

зодиака, что не было известно древним, или, чтобы сказать правильнее, вследствие изменения наклона равноденственного круга к плоскости зодиака, от которого это и зависит. Но высоты полюса или широты местностей и равноденственные тени соответствуют тем, которые были отмечены в древности. Это необходимо и должно было произойти, так как равноденственный 33
круг связан с полюсом земного шара. Поэтому и упомянутые деления не вполне точно могут быть обозначены и определены при помощи каких-
нибудь привходящих различий у теней и дней. Правильнее было бы опре- 34
делять их при помощи расстояний от равноденственного круга, которые всегда остаются постоянными. Упомянутое, хотя и очень незначительное, изменение тропиков для южных мест производит лишь небольшие различия в днях и тенях, но по направлению к северу они становятся заметнее.



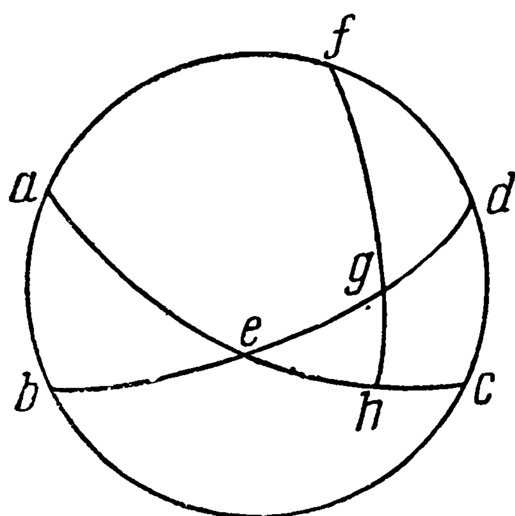
Что касается теней гномонов, то ясно, что по любой заданной высоте Солнца может быть определена длина тени, и обратно. Таким образом, если *ab* будет гномон, отбрасывающий тень *bc*, то, поскольку указатель стоит перпендикулярно к горизонтальной плоскости, угол *abc* всегда необходимо будет прямым на основании определения прямых, перпендикулярных к плоскости. Поэтому, если соединить *ac*, мы получим прямоугольный треугольник *abc* и по данной высоте Солнца определим также и угол *acb*. На основании первой теоремы для плоских треугольников будет данным отношение гномона *ab* к своей тени *bc*, а следовательно, и длина тени *bc*. Так же и обратно, если даны *ab* и *bc*, то на основании третьего предложения о плоских треугольниках определится угол *acb* и высота Солнца, дающего соответствующую этому времени тень. При помощи этого способа древние, описывая упомянутые деления земного шара, для каждого места указывали длины полуденных теней для равноденствий и для обоих солнцеворотов.

Глава VII

О том, каким образом определяется взаимная связь величины наибольшего дня, широты места восхода и наклонности сферы, а также об остальных различиях дней

Теперь для любой косой сферы или при любом угле наклона горизонта одновременно определим величину наибольшего и наименьшего дня в зависимости от широты места восхода, а также и остальные различия дней. Широтой восхода называется дуга круга горизонта между местами восхода для дней летнего и зимнего солнцестояний или расстояние того и другого места от точки восхода в день равноденствия.

Пусть *abcd* будет круг меридиана, *bed* — полуокружность горизонта для восточного полушария, а *aec* — полуокружность равноденственного круга, северным полюсом которого будет *f*. Предположим, что восход Солнца во время летнего солнцестояния происходит в точке *g*, и опишем дугу *fgh* большого круга. Так как вращение земной сферы совершается вокруг полюса *f* равноденственного круга, то точки *g*, *h* необходимо одновременно совпадут с меридианом *abcd*, ибо их параллели имеют одни и те же полюсы, а большие круги, проведенные через полюсы, отсекают на параллелях подобные дуги. Поэтому время, протекшее от восхода точки *g* до полудня, измеряет также и дугу *aeh*; остальную подземную часть *ch* полуокружности измеряет время от полуночи до восхода. Но *aec* — полуокружность, а *ae* и *ec* — четверти окружности, ибо они проведены из полюса круга *abcd*. Следовательно, *eh* будет соответствовать половине разности между наибольшим и равноденственным днями, а *eg* — расстоянию между местами восхода в моменты равноденствия и летнего солнцестояния. Так как в треугольнике *ehg* известен угол *geh*, определяющий наклон сферы и измеряе-



35 мый дугой *ab*, а угол *ghe* прямой и сторона *gh* — расстояние летнего тропика от равноденственного круга, то остальные стороны, а именно *eh*, соответствующая половине разницы наибольшего и равноденственного дней, и *ge* — широта восхода — определятся на основании четвертого
36 предположения сферической тригонометрии.

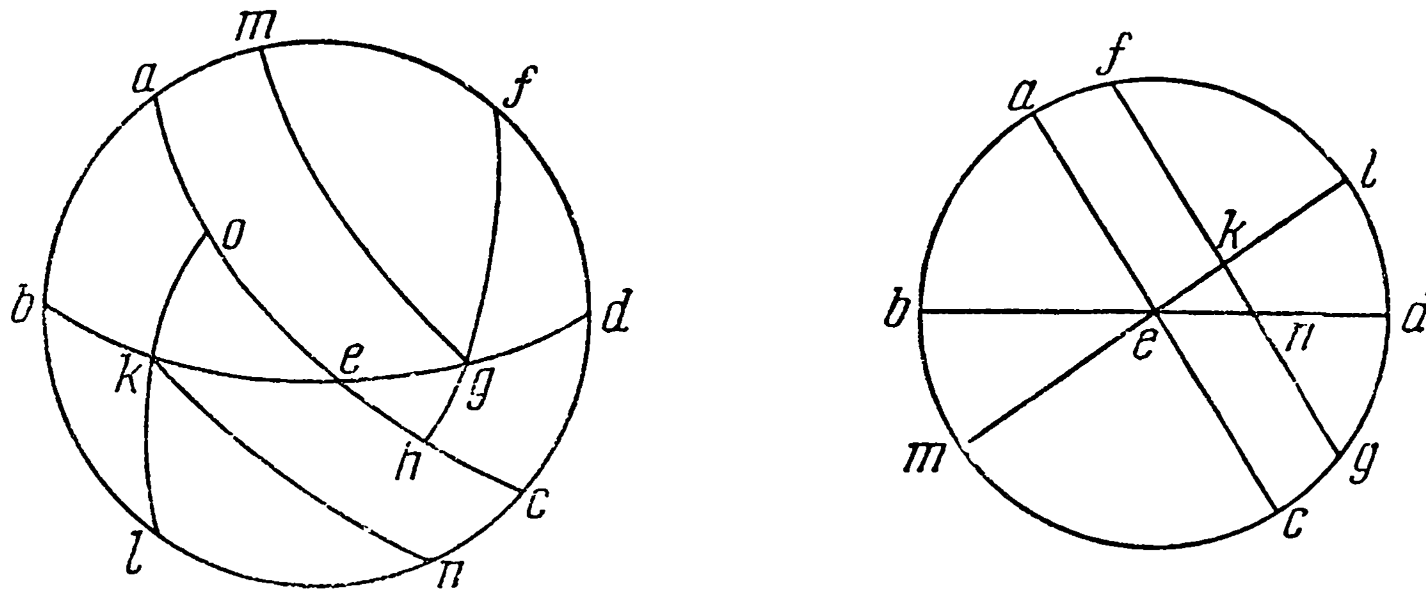
Точно так же, если вместе со стороной *gh* дана *eh*, то есть разность наи-
37 большего и равноденственного дней, или *eg*, то будет дан и угол *e* наклона сферы, а следовательно, и высота полюса *fd* над горизонтом.

Равным образом, если на зодиаке будет взята не точка солнцеворота, а какая-нибудь другая точка *g*, то все равно можно будет определить дуги *eg* и *eh*. Так как по приведенной выше таблице склонений будет известна дуга *gh* склонения, соответствующая данной дуге зодиака, то все остальное получится при помощи такого же вывода.

Из этого также следует, что точки зодиака, равноотстоящие от солнцеворотов, отсекают на горизонте одинаковые дуги от места равноденственного восхода и в ту же сторону и делают взаимно равными величины дней и ночей. Это происходит вследствие того, что оба эти градуса зодиака лежат на одной и той же параллели, так как их склонения одинаковы и в ту же сторону. Если же мы возьмем одинаковые дуги по обе стороны от равноденственной точки сечения, то широты восхода будут опять одинаковыми, но только в различных сторонах, а длины дней и ночей взаимно переменятся вследствие того, что они описывают с обеих сторон одинаковые дуги параллельных кругов, так как обе точки, равноотстоящие от равноден-

ственной, имеют равные склонения по отношению к равноденственному кругу.

Действительно, опишем на одной и той же фигуре дуги обеих параллелей; пусть они будут *gm* и *kn* и пересекают горизонт *bed* в точках *g*, *k*. Добавим также проведенную из южного полюса *l* четверть большого круга *lko*. Так как склонение *gh* равно *ko*, то получатся два треугольника *dfg* и *blk*, в которых соответственно равны стороны *fg* и *lk*, высота *fd* полюса равна *lb* и углы при *b* и *d* прямые. Следовательно, будут равны и третьи



стороны *dg* и *bk*, а значит, и их остатки — широты восхода *ge* и *ek*. Поэтому поскольку и здесь две стороны *eg*, *gh* соответственно равны *ek*, *ko* и углы при *e* равны как вертикальные, будут равны и остающиеся стороны *eh*, *eo*. После их сложения получается, что вся дуга *oec* будет равна *aeh*. И так как большие круги, проведенные через полюсы, отсекают на параллелях подобные дуги, то дуги *gm* и *kn* будут взаимно равны и подобны, что и требовалось доказать.

Все это может быть также доказано и иначе. Опишем опять меридианный круг *abcd*, центр которого будет *e*. Пусть *aec* будет диаметр равноденственного круга и общее сечение обоих кругов, *bed* — диаметр горизонта и меридианная линия, *lem* — ось сферы, *l* — видимый, а *m* — невидимый полюсы. Взяв расстояние *af* точки летнего солнцеворота или какое-нибудь другое склонение, проведем для него диаметр *fg* параллельного круга в общем сечении с меридианной плоскостью. Пусть он пересечет ось в точке *k*, а ме-
ридианную линию в *n*. Так как, согласно определению Посидония, парал- 38
лелями называются линии, которые идут, не удаляясь и не приближаясь друг к другу, и образуют равные отрезки на проведенных к ним в любых местах перпендикулярах, то прямая линия *ke* будет равна половине хорды,
стягивающей удвоенную дугу *af*. Точно так же *kn* будет полухордой дуги 39
параллельного круга с радиусом *fk*, представляющей разность равноденственного дня от другого заданного. Это имеет место вследствие того, что все полукруги, имеющие упомянутые общие сечения, то есть полукруги, диаметрами которых будут *bed* косого горизонта, *lem* прямого горизонта, *aec*

равноденственного и fkg параллельного круга, будут перпендикулярны к плоскости круга $abcd$. И на основании 19-го предложения одиннадцатой книги «Начал» Евклида их сечения будут перпендикулярны той же плоскости в точках e, k, n, а на основании шестого предложения той же книги они параллельны между собой и k есть центр параллельного круга, а e — центр сферы. Поэтому прямая en будет половиной хорды, стягивающей удвоенную дугу горизонта, представляющую разность мест восхода точек параллели и равноденственного круга.

Следовательно, если дано склонение af вместе с его дополнением fl до четверти окружности, то будут известны половины хорд: ke, стягивающей удвоенную af, и fk, стягивающей удвоенную fl — выраженные в частях, каких в ae будет 100 000. Но в прямоугольном треугольнике ekn угол ken определяется высотой dl полюса, а последний угол kne равен aeb, так как в косой сфере параллели одинаково наклонены к горизонту. Следовательно стороны будут выражены в таких частях, 100 000 которых составляют радиус сферы. Таким образом, если принять радиус fk параллели за 100 000, то определится и kn, как представляющая половину хорды, стягивающей дугу, равную полной разности длин дней для равноденственного круга и параллели и выраженную в градусах, каких весь параллельный круг тоже содержит 360.

Отсюда ясно, что отношение fk и kn складывается из двух отношений, а именно хорды удвоенной дуги fl к хорде удвоенной af, то есть fk к ke, и хор-
40 ды, стягивающей удвоенную ab, к хорде удвоенной dl (оно будет как ek к kn), т. е. между fk и kn вставляется ek. Точно так же отношение be к en составляется из отношений be к ek и ke к en [как подробнее показывается
41 у Птолемея при помощи сферических отрезков]. Я, со своей стороны, полагаю, что так можно определить не только неравенства дней и ночей, но также по заданным склонениям определить для Луны и звезд величины дуг параллелей, описываемых ими в суточных движениях как над Землей, так и под Землей, при помощи которых можно легко определять их восхо-
42 ды и заходы.

Таблица разностей восхождений наклонной сферы 43

Склонение	Высота полюса 31		32		33		34		35		36	
град	град	мин	град	мин	град	мин	град	мин	град	мин	град	мин
1	0	36	0	37	0	39	0	40	0	42	0	44
2	1	12	1	15	1	18	1	21	1	24	1	27
3	1	48	1	53	1	57	2	2	2	6	2	11
4	2	24	2	30	2	36	2	42	2	48	2	55
5	3	1	3	8	3	15	3	23	3	31	3	39
6	3	37	3	46	3	55	4	4	4	13	4	23
7	4	14	4	24	4	34	4	45	4	56	5	7
8	4	51	5	2	5	14	5	26	5	39	5	52
9	5	28	5	41	5	54	6	8	6	22	6	36
10	6	5	6	20	6	35	6	50	7	6	7	22
11	6	42	6	59	7	15	7	32	7	49	8	7
12	7	20	7	38	7	56	8	15	8	34	8	53
13	7	58	8	18	8	37	8	58	9	18	9	39
14	8	37	8	58	9	19	9	41	10	3	10	26
15	9	16	9	38	10	1	10	25	10	49	11	14
16	9	55	10	19	10	44	11	9	11	25	12	2
17	10	35	11	1	11	27	11	54	12	22	12	50
18	11	16	11	43	12	11	12	40	13	9	13	39
19	11	56	12	25	12	55	13	26	13	57	14	29
20	12	38	13	9	13	40	14	13	14	46	15	20

Таблица разностей восхождений наклонной сферы

Склонение	Высота полюса 31		32		33		34		35		36	
град	град	мин	град	мин	град	мин	град	мин	град	мин	град	мин
21	13	20	13	53	14	26	15	0	15	36	16	12
22	14	3	14	37	15	13	15	49	16	27	17	5
23	14	47	15	23	16	0	16	38	17	17	17	58
24	15	31	16	9	16	48	17	29	18	10	18	52
25	16	16	16	56	17	38	18	20	19	3	19	48
26	17	2	17	45	18	28	19	12	19	58	20	45
27	17	50	18	34	19	19	20	6	20	54	21	44
28	18	38	19	24	20	12	21	1	21	51	22	43
29	19	27	20	16	21	6	21	57	22	50	23	45
30	20	18	21	9	22	1	22	55	23	51	24	48
31	21	10	22	3	22	58	23	55	24	53	25	53
32	22	3	22	59	23	56	24	56	25	57	27	0
33	22	57	23	54	24	19	25	59	27	3	28	9
34	23	55	24	56	25	59	27	4	28	10	29	21
35	24	53	25	57	27	3	28	10	29	21	30	35
36	25	53	27	0	28	9	29	21	30	35	31	52

Таблица разностей восхождений наклонной сферы

Склонение	Высота полюса											
	37		38		39		40		41		42	
град	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
1	0	45	0	47	0	49	0	50	0	52	0	54
2	1	31	1	34	1	37	1	41	1	44	1	48
3	2	16	2	21	2	26	2	31	2	37	2	42
4	3	1	3	8	3	15	3	22	3	29	3	37
5	3	47	3	55	4	4	4	13	4	22	4	31
6	4	33	4	43	4	53	5	4	5	15	5	26
7	5	19	5	30	5	42	5	55	6	8	6	21
8	6	5	6	18	6	32	6	46	7	1	7	16
9	6	51	7	6	7	22	7	38	7	55	8	12
10	7	38	7	55	8	13	8	30	8	49	9	8
11	8	25	8	44	9	3	9	23	9	44	10	5
12	9	13	9	34	9	55	10	16	10	39	11	2
13	10	1	10	24	10	46	11	10	11	35	12	0
14	10	50	11	14	11	39	12	5	12	31	12	58
15	11	39	12	5	12	32	13	0	13	28	13	58
16	12	29	12	57	13	26	13	55	14	26	14	58
17	13	19	13	49	14	20	14	52	15	25	15	59
18	14	10	14	42	15	15	15	49	16	24	17	1
19	15	2	15	36	16	11	16	48	17	25	18	4
20	15	55	16	31	17	8	17	47	18	27	19	8

Таблица разностей восхождений наклонной сферы

Склонение	Высота полюса											
	37		38		39		40		41		42	
град	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
21	16	49	17	27	18	7	18	47	19	30	20	13
22	17	44	18	24	19	6	19	49	20	34	21	20
23	18	39	19	22	20	6	20	52	21	39	22	28
24	19	36	20	21	21	8	21	56	22	46	23	38
25	20	34	21	21	22	11	23	2	23	55	24	50
26	21	34	22	24	23	16	24	10	25	5	26	3
27	22	35	23	28	24	22	25	19	26	17	27	18
28	23	37	24	33	25	30	26	30	27	31	28	36
29	24	41	25	40	26	40	27	43	28	48	29	57
30	25	47	26	49	27	52	28	59	30	7	31	19
31	26	55	28	0	29	7	30	17	31	29	32	45
32	28	5	29	13	30	54	31	31	32	54	34	14
33	29	18	30	29	31	44	33	1	34	22	35	47
34	30	32	31	48	33	6	34	27	35	54	37	24
35	31	51	33	10	34	33	35	59	37	30	39	5
36	33	12	34	35	36	2	37	34	39	10	40	51

Таблица разностей восхождений наклонной сферы

Склонение	Высота полюса											
	43		44		45		46		47		48	
град	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мнн*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
1	0	56	0	58	1	0	1	2	1	4	1	7
2	1	52	1	56	2	0	2	4	2	9	2	13
3	2	48	2	54	3	0	3	7	3	13	3	20
4	3	44	3	52	4	1	4	9	4	18	4	27
5	4	41	4	51	5	1	5	12	5	23	5	35
6	5	37	5	50	6	2	6	15	6	28	6	42
7	6	34	6	49	7	3	7	18	7	34	7	50
8	7	32	7	48	8	5	8	22	8	40	8	59
9	8	30	8	48	9	7	9	26	9	47	10	8
10	9	28	9	48	10	9	10	31	10	54	11	18
11	10	27	10	49	11	13	11	37	12	2	12	28
12	11	26	11	51	12	16	12	43	13	11	13	39
13	12	26	12	53	13	21	13	50	14	20	14	51
14	13	27	13	56	14	26	14	58	15	30	16	5
15	14	28	15	0	15	32	16	7	16	42	17	19
16	15	31	16	5	16	40	17	16	17	54	18	34
17	16	34	17	10	17	48	18	27	19	8	19	51
18	17	38	18	17	18	58	19	40	20	23	21	9
19	18	44	19	25	20	9	20	53	21	40	22	29
20	19	50	20	35	21	21	22	8	22	58	23	51

Таблица разностей восхождений наклонной сферы

Склонение	Высота полюса											
	43		44		45		46		47		48	
град	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
21	20	59	21	46	22	34	23	25	24	18	25	14
22	22	8	22	58	23	50	24	44	25	40	26	40
23	23	19	24	12	25	7	26	5	27	5	28	8
24	24	32	25	28	26	26	27	27	28	31	29	38
25	25	47	26	46	27	48	28	52	30	0	31	12
26	27	3	28	6	29	11	30	20	31	32	32	48
27	28	22	29	29	30	38	31	51	33	7	34	28
28	29	44	30	54	32	7	33	25	34	46	36	12
29	31	8	32	22	33	40	35	2	36	28	38	0
30	32	35	33	53	35	16	36	43	38	15	39	53
31	34	5	35	28	36	56	38	29	40	7	41	52
32	35	38	37	7	38	40	40	19	42	4	43	57
33	37	16	38	50	40	30	42	15	44	8	46	9
34	38	58	40	39	42	25	44	18	46	20	48	31
35	40	46	42	33	44	27	46	23	48	36	51	3
36	42	39	44	33	46	36	48	47	51	11	53	47

Таблица разностей восхождений наклонной сферы

Склонение	Высота полюса											
	49		50		51		52		53		54	
град	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
1	1	9	1	12	1	14	1	17	1	20	1	23
2	2	18	2	23	2	28	2	34	2	39	2	45
3	3	27	3	35	3	43	3	51	3	59	4	8
4	4	37	4	47	4	57	5	8	5	19	5	31
5	5	47	5	50	6	12	6	26	6	40	6	55
6	6	57	7	12	7	27	7	44	8	1	8	19
7	8	7	8	25	8	43	9	2	9	23	9	44
8	9	18	9	38	10	0	10	22	10	45	11	9
9	10	30	10	53	11	17	11	42	12	8	12	35
10	11	42	12	8	12	35	13	3	13	32	14	3
11	12	55	13	24	13	53	14	24	14	57	15	31
12	14	9	14	40	15	13	15	47	16	23	17	0
13	15	24	15	58	16	34	17	11	17	50	18	32
14	16	40	17	17	17	56	18	37	19	19	20	4
15	17	57	18	39	19	19	20	4	20	50	21	38
16	19	16	19	59	20	44	21	32	22	22	23	15
17	20	36	21	22	22	11	23	2	23	56	24	53
18	21	57	22	47	23	39	24	34	25	33	26	84
19	23	20	24	14	25	10	26	9	27	11	28	17
20	24	45	25	42	26	43	27	46	28	53	30	4

Таблица разностей восхождений наклонной сферы

Склонение	Высота полюса											
	49		50		51		52		53		54	
град	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
21	26	12	27	14	28	18	29	26	30	37	31	54
22	27	42	28	47	29	56	31	8	32	25	33	47
23	29	14	30	23	31	37	32	54	34	17	35	45
24	31	4	32	3	33	21	34	44	36	13	37	48
25	32	26	33	46	35	10	36	39	38	14	39	59
26	34	8	35	32	37	2	38	38	40	20	42	10
27	35	53	37	23	39	0	40	42	42	33	44	32
28	37	43	39	19	41	2	42	53	44	53	47	2
29	39	37	41	21	43	12	45	12	47	21	49	44
30	41	37	43	29	45	29	47	39	50	1	52	37
31	43	44	45	44	47	54	50	16	52	53	55	48
32	45	57	48	8	50	30	53	7	56	1	59	19
33	48	19	50	44	53	20	56	13	59	28	63	21
34	50	54	53	30	56	20	59	42	63	31	68	11
35	53	40	56	34	59	58	63	40	68	18	74	32
36	56	42	59	59	63	47	68	26	74	36	90	0

Таблица разностей восхождений наклонной сферы

Склонение	Высота полюса											
	55		56		57		58		59		60	
град	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
1	1	26	1	29	1	32	1	36	1	40	1	44
2	2	52	2	58	3	5	3	12	3	20	3	28
3	4	17	4	27	4	38	4	49	5	0	5	12
4	5	44	5	57	6	11	6	25	6	41	6	57
5	7	11	7	27	7	44	8	3	8	22	8	43
6	8	38	8	58	9	19	9	41	10	4	10	29
7	10	6	10	29	10	54	11	20	11	47	12	17
8	11	35	12	1	12	30	13	0	13	32	14	5
9	13	4	13	35	14	7	14	41	15	17	15	55
10	14	35	15	9	15	45	16	23	17	4	17	47
11	16	7	16	45	17	25	18	8	18	53	19	41
12	17	40	18	22	19	6	19	53	20	43	21	36
13	19	15	20	1	20	50	21	41	22	36	23	34
14	20	52	21	42	22	35	23	31	24	31	25	35
15	22	30	23	24	24	22	25	23	26	29	27	39
16	24	10	25	9	26	12	27	19	28	30	29	47
17	25	53	26	57	28	5	29	18	30	35	31	59
18	27	39	28	48	30	1	31	20	32	44	34	19
19	29	27	30	41	32	1	33	26	34	58	36	37
20	31	19	32	39	34	5	35	37	37	17	39	5

Таблица разностей восхождений наклонной сферы

Склонение	Высота полюса											
	55		56		57		58		59		60	
град	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
21	33	15	34	41	36	14	37	54	39	42	41	40
22	35	14	36	48	38	28	40	17	42	15	44	25
23	37	19	39	0	40	49	42	47	44	57	47	20
24	39	29	41	18	43	17	45	26	47	49	50	27
25	41	45	43	44	45	54	48	16	50	54	53	52
26	44	9	46	18	48	41	51	19	54	16	57	39
27	46	41	49	4	51	41	54	38	58	0	61	57
28	49	24	52	1	54	58	58	19	62	14	67	4
29	52	20	55	16	58	36	62	31	67	18	73	46
30	55	32	58	52	62	45	67	31	73	55	90	0
31	59	6	62	58	67	42	74	4	90	0		
32	63	10	67	53	74	12	90	0				
33	68	1	74	19	90	0						
34	74	33	90	0								
35	90	0										
36												

Незаполненные места относятся к светилам, которые не восходят и не заходят.

Глава VIII

О часах и подразделениях дня и ночи

Итак, из этого видно, что если мы возьмем из таблицы разницу дня, соответствующую склонению Солнца и заданной высоте полюса, прибавим ее к четверти окружности при северном склонении или вычтем при южном и полученный результат удвоим, то получим величину соответствующего дня; остальная же часть окружности даст продолжительность ночи. Каждая из этих величин, будучи разделена на 15 градусов времени, покажет, скольким равновеликим часам будет она равна. Взяв двенадцатую часть дня,
44 мы получим продолжительность сезонного часа. Эти часы получают название каждый в соответствии со своим днем, двенадцатую часть которого они всегда составляют. Поэтому имеются часы, названные у древних равноденственными, а таже часы, соответствующие летнему и зимнему солнцестояниям.

Первоначально и не было в употреблении других часов, кроме этих, которых от рассвета до ночи всегда считалось 12; ночь же делилась на четыре стражи. Употребление таких часов по молчаливому соглашению всех народов продолжалось долгое время. В связи с этим были даже изобретены клепсидры, которые при помощи увеличения или убавления сочащейся воды позволяли приспособлять показания часов к различиям дней, чтобы определение времени было возможным и в пасмурную погоду.

Позднее, когда стали общепринятыми часы равной продолжительности и одинаковые для дня и ночи, поскольку они гораздо удобнее при наблюдениях, эти «сезонные» часы настолько устарели, что если ты спросишь кого-нибудь из простого народа, что такое первый час дня, третий, шестой, девятый или одиннадцатый, то он или ничего не найдется сказать, или ответит что-нибудь, ничуть к делу не относящееся. Самый же счет при употреблении равных часов одни ведут от полудня, другие от захода Солнца или полуночи, некоторые от восхода Солнца, в зависимости от того, как
45 было установлено в каждом государстве.

46

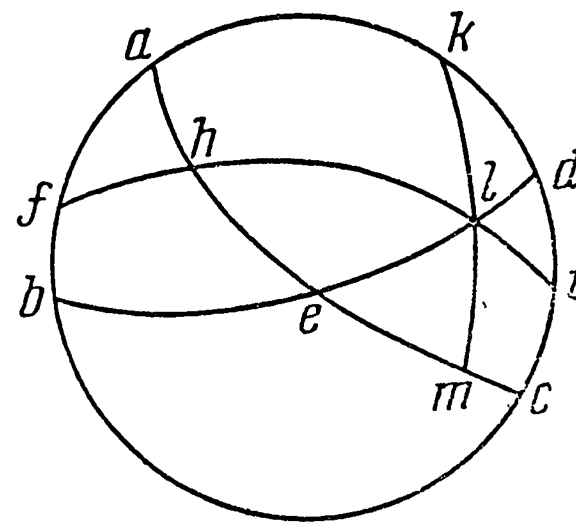
Глава IX

О косом восхождении градусов зодиака и о том, как для каждого восходящего градуса определяется тот, который делит небо пополам

За изложением величины и различий дней и ночей вполне естественно следует теория косых восхождений, а именно промежутков времени, в течение которых происходит восход додекатеморий, то есть двенадцатых частей зодиака или любых других долей его окружности, так как различие

между прямыми и косыми восхождениями таково же, что и рассмотренное нами между днем равноденственным и днем в другие времена года. В дальнейшем додекатемории получили названия, заимствованные от имен животных, соответствующих неподвижным звездам, начиная от весеннего равноденствия, а именно Овна, Тельца, Близнецов, Рака и остальных, следующих по порядку.

Для большей ясности повторяем чертеж меридианного круга *abcd* с полуокружностями *aec* равноденственного круга и *bed* горизонта, пересекающимися в точке *e*. Пусть точка *h* соответствует равноденствию и проходящей через нее круг зодиака *fhi* пересекает горизонт в *l*. Через это сечение проведем из полюса *k* равноденственного круга четверть окружности большого круга *klm*. Таким образом, ясно, что вместе с дугой *hl* зодиака восходит дуга *he* равноденственного круга, а на прямой сфере должна бы взойти дуга *hem*. Их разность *em* и будет той самой, которая, как мы показали раньше, является половиной разницы дней равноденственного дня и соответствующего данному числу месяца. Но если раньше последнюю в случае северного склонения мы прибавляли, то теперь для по- 47
лучения косого восхождения будем вычитать, и обратно: в случае южного склонения прибавлять к прямому восхождению. Поэтому время, потребное для появления всего знака или какой-нибудь другой части зодиака, определится, если мы исчислим восхождения для ее начала и конца.



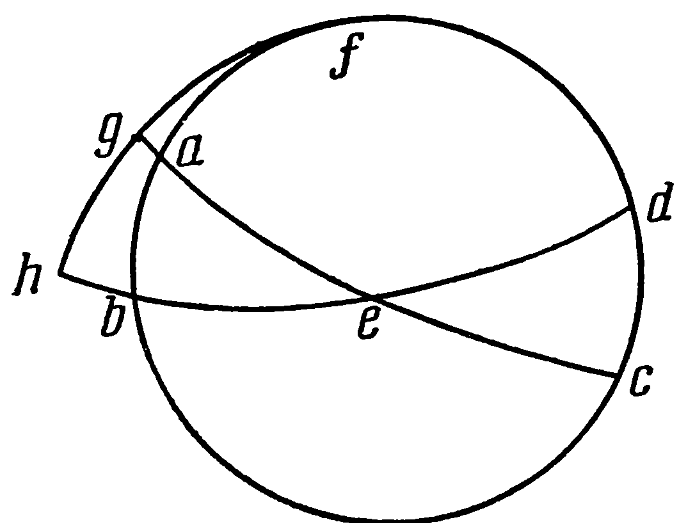
Отсюда следует, что если будет дан какой-нибудь восходящий градус зодиака, отсчитываемый от равноденственной точки, то будет данным и тот, который делит небо пополам. Действительно, если дано склонение восходящей точки *l* вместе с ее расстоянием *hl* от равноденствия, прямое восхождение *hem* и вся полуденная дуга *ahem*, то, следовательно, будет дана и разность *ah*, представляющая прямое восхождение дуги *fh*, которая дается таблицей, или будет дан угол *afh* сечения *ahf* вместе со стороной *ah*, а угол 48
fah прямой. Таким образом, будет данной и вся дуга зодиака между градусами восходящим и делящим небо пополам.

Наоборот, если сначала будет дан градус, делящий небо пополам, например дуга *fh*, то мы будем знать и градус, который восходит. Действительно, будут известны склонение *af*, а через угол наклона *afb* сферы и 49
остающаяся дуга *fb*. Но в треугольнике *bfl* на основании предыдущего будут данными угол *bfl* и прямой угол *fbl* со стороной *fb*. Следовательно, определится и искомая сторона *fhl*. Это можно сделать и иначе, как будет показано ниже.

Глава X

Об угле пересечения зодиака с горизонтом

Зодиак, будучи кругом, косо расположенным по отношению к оси сферы образует с горизонтом различные углы. Говоря о различии теней, мы уже сказали, что он дважды становится перпендикулярным к горизонту для обитающих между тропиками. Нам же, я полагаю, будет достаточно определить только углы, которые получаются для гетероскиальных обитателей, то есть для нас. Отсюда легко можно понять и общую теорию. Именно, на наклонной сфере при восходе точки весеннего равноденствия или начала знака Овна зодиакальный круг будет склоненным и повернувшимся к горизонту на величину (соответствующую наибольшему южному склонению), которая получается для начала знака Козерога, делящего тогда небо пополам. В свою очередь при восходе начала знака Весов, когда делит небом пополам начало Рака, он будет более поднятым и образует больший угол на востоке. Все это, я полагаю, достаточно ясно, так как три упомянутых круга — равноденственный, зодиак и горизонт — имеют общую точку сечения в полюсах меридианного круга и отсекаемые ими на последнем дуги указывают соответствующую величину угла на востоке.



Чтобы показать, каким путем идут при нахождении величины этого угла для других частей зодиака, возьмем опять меридианный круг *abcd* и половины горизонтального *bed* и зодиакального *aec* кругов, и пусть в *e* восходит какой-нибудь градус последнего. Требуется определить величину этого угла, считая, что четыре прямых угла равны 360 градусам. Поскольку дается восходящая точка *e*, то на основании предыдущего будет данной и делящая небо пополам точка *a*, а следовательно, и дуга *ae*. А так как угол *abe* прямой, то будет известно отношение хорды, стягивающей удвоенную дугу *ae*, к стягивающей удвоенную *ab*, то есть отношение диаметра сферы к хорде удвоенной дуги, измеряющей угол *aeb*; следовательно, будет дан и
50 сам угол *aeb*.

Если будет дан градус не восходящей, но делящей небо пополам точки *a*, то все равно упомянутый угол при восходе будет определенным. Действительно, взяв в *e* полюс, опишем четверть большого круга *fgh* и дополним квадранты *eag* и *ebh*. Так как даны меридианная высота *ab* и дополнение *af* квадранта, а на основании предыдущего также угол *fag*, а угол *fga* прямой, то, следовательно, будет данной и дуга *fg* и ее дополнение *gh*, которое
51 и будет измерять требуемый угол при восходе.

Отсюда, между прочим, ясно, как по градусу, делящему небо пополам, определяется восходящий градус. Действительно, хорда удвоенной *gh* к хорде удвоенной *ab* относится, как диаметр к хорде, стягивающей удвоенную *ae*, как это имеет место в сферических треугольниках.

Для всего этого мы даем три вида таблиц. Первый дает восхождения на прямой сфере, начиная от Овна, через шестерки градусов зодиака. Второй дает восхождения на наклонной сфере, тоже через шесть градусов, начиная от параллели с высотой полюса 39 градусов и до параллели с высотой 57 градусов, причем промежуточные приращения идут через три градуса. Последние таблицы дают углы с горизонтом также через шесть градусов и для тех же 7 дуг. И все это вычислено в предположении, что наименьшая наклонность зодиака составляет 23 градуса 28 минут, что приблизительно соответствует нашей эпохе.

5 2 *Таблица восхождений знаков при вращении прямой сферы*

Зодиака		Восхожд.		На 1°		Зодиака		Восхожд.		На 1°	
знак	*град*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	знак	*град*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
♈	6	5	30	0	55	♎	6	185	30	0	55
	12	11	0	0	55		12	191	0	0	55
	18	16	34	0	56		18	196	34	0	56
	24	22	10	0	56		24	202	10	0	56
	30	27	54	0	57		30	207	54	0	57
♉	6	33	43	0	58	♏	6	213	43	0	58
	12	39	35	0	59		12	219	35	0	59
	18	45	32	1	0		18	225	32	1	0
	24	51	37	1	1		24	231	37	1	1
	30	57	48	1	2		30	237	48	1	2
♊	6	64	6	1	3	♐	6	244	6	1	3
	12	70	29	1	4		12	250	29	1	4
	18	76	57	1	5		18	256	57	1	5
	24	83	27	1	5		24	263	27	1	5
	30	90	0	1	5		30	270	0	1	5
♋	6	96	33	1	5	♑	6	276	33	1	5
	12	103	3	1	5		12	283	3	1	5
	18	109	31	1	5		18	289	31	1	5
	24	115	54	1	4		24	295	54	1	4
	30	122	12	1	3		30	302	12	1	3
♌	6	128	23	1	2	♒	6	308	23	1	2
	12	134	28	1	1		12	314	28	1	1
	18	140	25	1	0		18	320	25	1	0
	24	146	17	0	59		24	326	17	0	59
	30	152	6	0	58		30	332	6	0	58
♍	6	157	50	0	57	♓	6	337	50	0	57
	12	163	26	0	56		12	343	26	0	56
	18	169	0	0	56		18	349	0	0	56
	24	174	30	0	55		24	354	30	0	55
	30	180	0	0	55		30	360	0	0	55

Таблица восхождений наклонной сферы

Зодиака		Высота полюса													
		39		42		45		48		51		54		57	
		восхожд.		восхожд.		восхожд.		восхожд.		восхожд.		восхожд.		восхожд.	
знак	*град*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
♈	6	3	34	3	20	3	6	2	50	2	32	2	12	1	49
	12	7	10	6	44	6	15	5	44	5	8	4	27	3	40
	18	10	50	10	10	9	27	8	39	7	47	6	44	5	34
	24	14	32	13	39	12	43	11	40	10	28	9	7	7	32
	30	18	26	17	21	16	11	14	51	13	26	11	40	9	40
♉	6	22	30	21	12	19	46	18	14	16	25	14	22	11	57
	12	26	39	25	10	23	32	21	42	19	38	17	13	14	23
	18	31	0	29	20	27	29	25	24	23	2	20	17	17	2
	24	35	38	33	47	31	43	29	25	26	47	23	42	20	2
	30	40	30	38	30	36	15	33	41	30	49	27	26	23	22
♊	6	45	39	43	31	41	7	38	23	35	15	31	34	27	7
	12	51	8	48	52	46	20	43	27	40	8	36	13	31	26
	18	56	56	54	35	51	56	48	56	45	28	41	22	36	20
	24	63	0	60	36	57	54	54	49	51	15	47	1	41	49
	30	69	25	66	59	64	16	61	10	57	34	53	28	48	2
♋	6	76	6	73	42	71	0	67	55	64	21	60	7	54	55
	12	83	2	80	41	78	2	75	2	71	34	67	28	62	26
	18	90	10	87	54	85	22	82	29	79	10	75	15	70	28
	24	97	27	95	19	92	55	90	11	87	3	83	22	78	55
	30	104	54	102	54	100	39	98	5	95	13	91	50	87	46
♌	6	112	24	110	33	108	30	106	11	103	33	100	28	96	48
	12	119	56	118	16	116	25	114	20	111	58	109	13	105	58
	18	127	29	126	0	124	23	122	32	120	28	118	3	115	13
	24	135	4	133	46	132	21	130	48	128	59	126	56	124	31
	30	142	38	141	33	140	23	139	3	137	38	135	52	133	52
♍	6	150	11	149	19	148	23	147	20	146	8	144	47	143	12
	12	157	41	157	1	156	19	155	29	154	38	153	36	153	24
	18	165	7	164	40	164	12	163	41	163	5	162	24	162	47
	24	172	34	172	21	172	6	171	51	171	33	171	12	170	49
	30	180	0	180	0	180	0	180	0	180	0	180	0	180	0

Таблица восхождений наклонной сферы

Зодиака		Высота полюса													
		39		42		45		48		51		54		57	
		восхожд.		восхожд.		восхожд.		восхожд.		восхожд.		восхожд.		восхожд.	
знак	*град*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
♎	6	187	26	187	39	187	54	188	9	188	27	188	48	189	11
	12	194	53	195	19	195	48	196	19	196	55	197	36	198	23
	18	202	21	203	0	203	41	204	30	205	24	206	25	207	36
	24	209	49	210	41	211	37	212	40	213	52	215	13	216	48
	30	217	49	218	27	219	37	220	57	222	22	224	8	226	8
♏	6	224	56	226	14	227	38	229	12	231	1	233	4	235	29
	12	232	56	234	0	235	37	237	28	239	32	241	57	244	47
	18	240	31	241	44	243	35	245	40	248	2	250	47	254	2
	24	247	36	249	27	251	30	253	49	256	27	259	32	263	12
	30	255	36	257	6	259	21	261	52	264	47	268	10	272	14
♐	6	262	8	264	41	267	5	269	49	272	57	276	38	281	5
	12	269	50	272	6	274	38	277	31	280	50	284	45	289	32
	18	276	58	279	19	281	58	284	58	288	26	292	32	297	34
	24	283	54	286	18	289	0	292	5	295	39	299	53	305	5
	30	290	35	293	1	295	45	298	50	302	26	306	42	311	58
♑	6	297	0	299	24	302	6	305	11	308	45	312	59	318	11
	12	303	4	305	25	308	4	311	4	314	32	318	38	323	40
	18	308	52	311	8	313	40	316	33	319	52	323	47	328	34
	24	314	21	316	29	318	53	321	37	324	45	328	26	332	53
	30	319	30	321	30	323	45	326	19	329	11	332	34	336	38
♒	6	324	21	326	13	328	16	330	35	333	13	336	18	339	58
	12	329	0	330	40	332	31	334	36	336	58	339	43	342	58
	18	333	21	334	50	336	27	338	18	340	22	342	47	345	37
	24	337	30	338	48	340	3	341	46	343	35	345	38	348	3
	30	341	34	342	39	343	49	345	9	346	34	348	20	350	20
♓	6	345	29	346	21	347	17	348	20	349	32	350	53	352	28
	12	349	11	349	51	350	33	351	21	352	14	353	16	354	26
	18	352	50	353	16	353	45	354	16	354	52	355	33	356	20
	24	356	26	356	40	356	23	357	10	357	53	357	48	358	11
	30	360	0	360	0	360	0	360	0	360	0	360	0	360	0

Таблица углов, составляемых зодиаком с горизонтом

Зодиака		Высота полюса							Зодиака	
		39	42	45	48	51	54	57		
знак	*град*	углы, *град мин*	углы, *град мин*	углы, *град мин*	углы, *град мин*	углы, *град мин*	углы, *град мин*	углы, *град мин*	*град*	знак
♈	0	27 32	24 32	21 32	18 32	15 32	12 32	9 32	30	♓
	6	27 37	24 36	21 36	18 36	15 35	12 35	9 35	24	
	12	27 49	24 49	21 48	18 47	15 45	12 43	9 41	18	
	18	28 13	25 9	22 6	19 3	15 59	12 56	9 53	12	
	24	28 45	25 40	22 34	19 29	16 23	13 18	10 13	6	
	30	29 27	26 15	23 11	20 5	16 56	13 45	10 31	30	
♉	6	30 19	27 9	23 59	20 48	17 35	14 20	11 2	24	♒
	12	31 21	28 9	24 56	21 41	18 23	15 3	11 40	18	
	18	32 35	29 20	26 3	22 43	19 21	15 56	12 26	12	
	24	34 5	30 43	27 23	24 2	20 41	16 59	13 20	6	
	30	35 40	32 17	28 52	25 26	21 52	18 14	14 26	30	
♊	6	37 29	34 1	30 37	27 5	23 11	19 42	15 48	24	♑
	12	39 32	36 4	32 32	28 56	25 15	21 25	17 23	18	
	18	41 44	38 14	34 41	31 3	27 18	23 25	19 16	12	
	24	44 8	40 32	37 2	33 22	29 35	25 37	21 26	6	
	30	46 41	43 11	39 33	35 53	32 5	28 6	23 52	30	
♋	6	49 18	45 51	42 15	38 35	34 44	30 50	26 36	24	♐
	12	52 3	48 34	45 0	41 8	37 55	33 43	29 34	18	
	18	54 44	51 20	47 48	44 13	40 31	36 40	32 39	12	
	24	57 30	54 5	50 38	47 6	43 33	39 43	35 50	6	
	30	60 4	56 42	53 22	49 54	46 21	42 43	38 56	30	
♌	6	62 40	59 27	56 0	52 34	49 9	45 37	41 57	24	♏
	12	64 59	61 44	58 26	55 7	51 46	48 19	44 48	18	
	18	67 7	63 56	60 20	57 26	54 6	50 47	47 24	12	
	24	68 59	65 52	62 42	59 30	56 17	53 7	49 47	6	
	30	70 38	67 27	64 18	61 17	58 9	54 58	52 38	30	
♍	6	72 0	68 58	65 51	62 46	59 37	56 27	53 16	24	♎
	12	73 4	70 2	66 59	63 56	60 53	57 50	54 46	18	
	18	73 51	70 50	67 49	64 48	61 46	58 45	55 44	12	
	24	74 19	71 20	68 20	65 19	62 18	59 17	56 16	6	
	30	74 28	71 28	68 28	65 28	62 28	59 28	56 28	0	

54

Глава XI

Об употреблении этих таблиц

Способ употребления этих таблиц вполне ясен из показанного выше; если для данного градуса, где находится Солнце, мы возьмем прямое восхождение и прибавим к нему по пятнадцать временных градусов на каждый равноденственный час, отбросив 360 градусов целой окружности, если получится величина бо́льшая их, то найденное в остатке прямое восхождение покажет нам делящий небо пополам градус зодиака для заданного времени после полудня. Точно так же, если ты сделаешь то же самое с косым восхождением твоей местности, получишь восходящий градус зодиака для часа, прошедшего от восхода Солнца. Для светил, находящихся вне пояса знаков зодиака, если известны их прямые восхождения (как мы рассказали выше), по этим таблицам определяются градусы зодиака, которые при том же прямом восхождении, отсчитываемом от начальной точки Овна, вместе с ними делят небо пополам, а по их косому восхождению — восходящие вместе с ними градусы зодиака, если восхождение и градусы зодиака берутся из соответствующих данной местности таблиц.

Таким же образом, но только всегда для противоположной точки ты будешь поступать и в случае захода. Кроме того, если к прямому восхождению делящих небо пополам прибавить четверть окружности, то получающееся будет косым восхождением для восходящего градуса. Так, по градусу, делящему небо пополам, определяется восходящий и обратно. Затем следует таблица углов зодиака с горизонтом, получающихся для восходящего градуса зодиака. При их помощи можно определить, насколько поднимается над горизонтом девятидесятый градус зодиака, что в высшей степени необходимо знать при вычислении солнечных затмений.

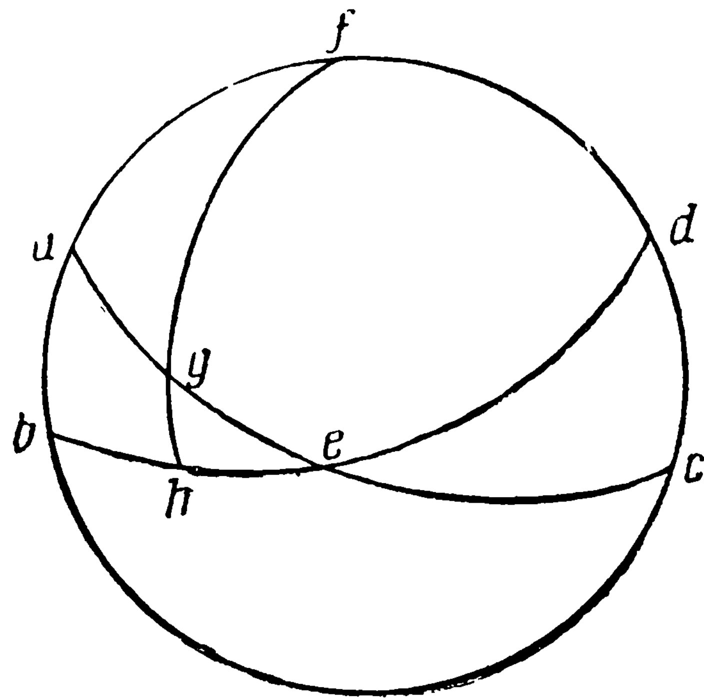
Глава XII

Об углах и дугах, проведенных через полюсы горизонта к тому же кругу зодиака

После этого следует изложить теорию углов и дуг, получающихся в сечениях зодиака с проведенными через полюс горизонта кругами; в числе их находится высота над горизонтом. О полуденной высоте Солнца или высоте какого-нибудь делящего небо пополам градуса зодиака и об угле сечения с меридианом уже изложено выше, так как меридианный круг тоже будет одним из тех, которые проходят через полюс горизонта. Точно так же речь шла уже об угле с горизонтом в восходящей точке, дополнение кото-

рого до прямого будет тем углом, который с восходящим зодиаком образует четверть окружности, проведенной через полюс горизонта.

Таким образом, остается только, повторив предшествующую фигуру, рассмотреть промежуточные сечения, а именно меридианного круга с полуокружностями зодиака и горизонта. Возьмем какую-нибудь точку зодиака
между меридианом и восходящей или нис-
ходящей точками, например g, и через эту
точку из полюса f горизонта проведем чет-
верть окружности fgh. Для данного часа
известна вся дуга зодиака age, заклю-
ченная между меридианом и горизонтом, и
согласно предположению ag; дана также и
af, поскольку известны меридианная вы-
сота ab и меридианный угол fag. На осно-
вании доказанного в сферике определятся
fg и ее дополнение gh, представляющее
высоту g, вместе с углом fga, что и тре- 55
бовалось найти.



Относящееся к углам и дугам сечений
у зодиака мы взяли в беглом изложении у
Птолемея, обращаясь к общепринятой теории сферических треугольников. 56
Если кто-нибудь захочет в этом поупражняться, то может найти самостоятельно больше полезного, чем мы изложили здесь только в виде примеров.

Глава XIII

О восходе и заходе звезд

К суточному вращению, очевидно, также относятся восходы и заходы звезд, причем не только те простые, о которых мы только что говорили, но и такие, когда звезды делаются утренними и вечерними. Хотя они получаются при участии годового вращения, однако удобнее сказать о них здесь.

Древние математики различают истинные восходы от видимых. К истинным принадлежит утренний восход звезды, когда она появляется вместе с Солнцем, а также утренний заход звезды, когда она заходит при восходе Солнца; в течение всего промежуточного времени звезда называлась утренней. А вечерний восход бывает, когда звезда появляется вместе с заходящим Солнцем, и вечерний заход, когда она заходит вместе с заходящим Солнцем; в течение всего промежуточного времени звезда называется вечерней, ибо она бывает невидимой в течение дня, а ночью закатывается.

57 Что касается видимых, то утренний восход звезды бывает, когда она в первый раз появляется над горизонтом во время утренней зари и начинает быть видимой до восхода Солнца, утренний же заход — когда во время восхода Солнца звезда является только что зашедшей. Вечерний восход бывает, когда в сумерках звезда в первый раз начинает восходить, а вечерний заход — когда она уже совсем перестает быть видимой после захода Солнца и скрывается до следующего появления Солнца, пока после утреннего восхода все не будет идти первоначальным порядком. Все это совершенно одинаково происходит как у неподвижных звезд, так и у планет Сатурна, Юпитера и Марса. Что касается Венеры и Меркурия, то они производят свои восходы и заходы иначе. Действительно, они не заслоняются приближающимся Солнцем, как вышеупомянутые, и не становятся снова видимыми после его удаления, но, обгоняя Солнце, поглощаются его блеском и снова из него выходят. Первые, совершая свой вечерний восход и утренний заход, никак не скрываются и светят в течение всей ночи, тогда как вторые скрываются от захода до восхода и не могут быть никаким образом увидены. Есть и другое различие, а именно, у первых истинные утренние восход и заход бывают ранее видимых, а вечерние позже, поскольку в первом случае они предшествуют восходу Солнца, а во втором следуют за его заходом. У нижних же планет кажущиеся утренние и вечерние восходы бывают позднее истинных, а заходы раньше.

58 Способ их определения можно понять из предыдущего, где мы изложили, как, зная прямое восхождение звезды, занимающей какое-нибудь известное место, определить, с каким градусом зодиака она будет восходить или заходить. Если тогда Солнце появится в этом градусе или прямо ему противоположном, то звезда будет совершать свой истинный восход или заход, утренний и вечерний. Видимые восходы будут от них отличаться в зависимости от яркости и величины каждой звезды, так как имеющие больший блеск светила будут меньше скрываться в солнечных лучах, чем более темные. Границы скрытого состояния и видимости каждой звезды определяются находящимися под Землей заключенными между горизонтом и Солнцем дугами кругов, проведенных через полюсы горизонта. Для неподвижных звезд первой величины это будет примерно 12 градусов, для Сатурна — 11, Юпитера — 10, Марса — $11^1/_2$, Венеры — 5, Меркурия — 10. Во всем промежутке, в течение которого остаток ночи уступает место дневному свету и который охватывает вечерние или утренние сумерки,
59 заключается 18 градусов упомянутого круга. Если Солнце опустится на такое расстояние вниз, то начнут появляться даже малые звезды. Некоторые полагают, что на этом расстоянии под горизонтом находится подземная параллель, по достижении которой Солнцем, как они говорят, начинает появляться день или наполняться ночь.

Итак, если мы знаем, вместе с каким градусом зодиака восходит или заходит светило, и определим угол сечения зодиака с горизонтом в указан-

ном месте, то тогда, найдя между восходящим градусом и Солнцем число градусов зодиака, нужное для того, чтобы глубина нахождения Солнца под горизонтом соответствовала упомянутым границам для рассматриваемого светила, скажем, что оно взошло или скрылось. Все, что мы в предыдущем доказательстве изложили относительно высоты Солнца над Землей, целиком соответствует и его опусканию под Землю. Действительно, все это отличается одним только положением, так как светила, заходящие в видимом полушарии, будут восходить в невидимом; это заменяет друг друга и легко может быть понято. Поэтому о восходе и заходе светил и о суточном вращении земного шара сказано достаточно.

Глава XIV

Об определении мест звезд и табличном описании неподвижных звезд 60

После нашего изложения теории суточного вращения земного шара и вытекающих из нее следствий [а именно, о днях и ночах и их частях и различиях] следовало бы привести доказательства годичного вращения. Но некоторые из древних математиков держались мнения, что на первом месте должно стоять изложение явлений неподвижных звезд, как начатков нашей науки. Мы полагали, что этого мнения нам следует держаться еще и потому, что среди основных принципов и гипотез мы приняли, что сфера неподвижных звезд является совершенно неподвижной и к ней по настояще-
му и надо относить движения всех блуждающих светил. [Действительно, 61
движение требует чего-то, что находится в покое.] И пусть никто не удивляется, почему мы приняли такой порядок, в то время как Птолемей в
своем «Великом построении» полагал, что определение движений непод- 62
вижных звезд может быть произведено, только когда сначала будут даны сведения о Солнце и Луне. Вследствие этого он считал необходимым отло-
жить изложение всего касающегося неподвижных звезд. Я полагаю, что 63
против этого мнения дóлжно возражать. Оно, может быть, и было состоятельным, если бы дело шло о числовых законах, определяющих видимые движения Луны и Солнца.

Действительно, геометр Менелай получил числовые определения поло- 64
жений некоторых звезд из их соединений с Луной. Однако мы сделаем гораздо лучше, если при помощи тщательно определенных посредством инструментов мест Солнца и Луны найдем положение какой нибудь звезды, как это мы сейчас покажем.

Нас также убеждают в этом бесплодные попытки тех, которые полагали, что величину солнечного года нужно определять просто по равноденствиям или солнцестояниям, не прибегая к неподвижным звездам. В этом они

не могли добиться согласия даже до настоящего времени, так что ни в какой области не было бóльших споров. Птолемей обратил на это внимание и, определив для своего времени величину солнечного года и подозревая при этом наличие ошибки, которая могла бы выявиться со временем, завещал потомству, чтобы оно в дальнейшем исследовало точность этого определения. Поэтому и нам показалось стоящим труда показать в этой книге, как при помощи инструментов определяются места Солнца и Луны [и звезд], а именно каковы их расстояния от весеннего равноденствия и других основных точек мира, и затем какие удобства они доставят нам для исследования других светил. Для этого мы представим очам сферу неподвижных звезд, затканную созвездиями, и ее изображение.

65 Выше уже было изложено, при помощи каких инструментов определяется расстояние тропиков, наклон зодиака и наклонение сферы, или высота полюса равноденственного круга. Тем же самым способом мы можем определить и любую другую высоту полуденного Солнца. Эта высота, если взять ее разность с наклонностью сферы, покажет нам, насколько Солнце склоняется к равноденственному кругу, а затем при помощи этого склонения определится для данного полдня и положение Солнца, отсчитываемое от равноденствия или солнцестояния. Но мы видим, что Солнце в течение 24 часов проходит почти один градус; на долю одного часа приходится $2^1/_2$ минуты. Отсюда легко можно будет вычислить его положение и для какого-либо другого часа.

66 Для наблюдения положений Луны и звезд строится другой инструмент, который Птолемей называет астролябией. Делаются два круга или четырехгранные дуги кругов так, чтобы они плоскими своими сторонами, или щеками, пересекали под прямыми углами две поверхности — выпуклую и вогнутую. Они должны быть во всех частях одинаковыми и подобными и подходящей величины, не слишком большими, чтобы с ними было удобно обращаться, хотя, с другой стороны, значительные размеры могут дать больше малых делений. Ширина и толщина их должна самое меньшее равняться тридцатой части диаметра. Эти круги соединяются вместе и закрепляются под прямыми углами, причем вогнутые и выпуклые части должны совпасть, как будто бы они принадлежали округлости одного шара. Из этих кругов один будет представлять круг зодиака, а другой займет место того, который проходит через оба полюса, а именно равноденственного круга и зодиака. Круг, изображающий зодиак, делится сбоку на равные части — обычно 360, которые потом подразделяются в свою очередь, насколько допускает инструмент. На другом круге (отложив квадранты от зодиака) намечаются полюсы зодиака; затем от них на расстоянии, соответствующем наклонности зодиака, наносятся полюсы равноденственного круга.

67 После того, как это будет так сделано, приготовляются два других круга — внешний и внутренний, имеющие с зодиаком одни и те же полюсы, вокруг которых они и движутся. Круги должны иметь одинаковую толщину между обеими плоскостями, и ширины их щек должны быть подобны

первым; их так надо подогнать, чтобы вогнутая поверхность большего везде касалась выпуклой поверхности зодиака, и наоборот — выпуклость меньшего прилегала к вогнутой поверхности последнего, но все-таки, чтобы не было помех их вращению и они легко и свободно могли пропускать зодиак и меридиан, а также и друг друга. Эти круги в полюсах зодиака мы осторожно просверлим по диаметру и вставим оси, которыми они свяжутся и вокруг которых будут вращаться.

Внутренний круг тоже делится на 360 равных частей так, чтобы в каждом квадранте до полюсов их было девяносто. Кроме того, в его вогнутости должен быть помещен еще один круг — пятый по счету, вращающийся в той же плоскости, к щекам которого должны быть по диаметру приделаны выступы, имеющие диоптры, или подзорные трубочки, через которые может входить и выходить луч светила, как это бывает в диоптрах. Они должны быть расположены по диаметру круга, к которому с обеих сторон приспособляются небольшие выступы, как указатели делений круга для наблюдения широт. Наконец, приделывается еще шестой круг, который охватывает весь инструмент и поддерживает астролябию, подвешенную в полюсах экватора. Этот круг кладется на какую-нибудь колонку и поддерживается ею в положении, перпендикулярном горизонтальной плоскости. Если его полюсы помещены в соответствии с наклонностью небесной сферы, то он будет занимать положение, соответствующее естественному меридиану, и, возможно, меньше должен от него отклоняться. 68

После того как инструмент будет таким образом подготовлен, для определения положения какой-нибудь звезды вечером при заходе Солнца и в то время, когда будет уже видна и Луна, мы переводим внешний круг к тому градусу зодиака, в котором, как мы знаем, на основании предшествующего находится Солнце, и сечения кругов поворачиваем к Солнцу до тех пор, пока каждый из них, а именно зодиак и внешний круг, проходящий через полюсы, не затенит сам себя. После этого внутренний круг поворачиваем к диску Луны и, поместив глаз в его плоскости прямо напротив Луны, так что последняя покажется нам разделенной этой плоскостью, отметим место на зодиаке инструмента; это и будет наблюденное положение Луны по долготе. Без Луны было бы невозможно определять места звезд, поскольку из всех светил лишь она одна бывает видна и днем и ночью. После наступления ночи, когда уже можно будет видеть звезду, положение которой мы ищем, приспосабливаем к месту Луны внешний круг, как мы делали раньше относительно Солнца; теперь положение астролябии будет отнесено к самой Луне. Затем мы поворачиваем внутренний круг к звезде, пока она не покажется нам прилегающей к плоскости круга и не будет замечена через трубочки, находящиеся в содержащемся внутри кружке. Таким образом, мы сможем определить долготу звезды вместе с ее широтой. Во время этого мы наблюдаем, какой градус зодиака делит небо пополам, а отсюда станет ясным, в какой час все это произошло.

Например, Птолемей во второй год императора Антонина Пия в девятый день месяца фармути, который у египтян является восьмым, желая в Александрии во время захода Солнца определить положение звезды, находящейся в груди Льва и называемой Василиском или Регулом, приспособив астролябию к уже заходящему Солнцу, по истечении пяти равноденственных часов от полудня, когда Солнце находилось на трех градусах и одной двадцать четвертой градуса Рыб, определил при помощи передвижения внутреннего круга, что Луна следует за Солнцем на расстоянии 92 и восьмой части градуса, так что видимое положение Луны в тот момент было на 5 градусах и одной шестой Близнецов. И после истечения получаса, когда исполнялся шестой час пополудни и звезда уже начинала показываться, а небо пополам делил четвертый градус Близнецов, он повернул внешний круг инструмента к уже определенному месту Луны.

Продолжая двигать внутренний круг, он нашел, что расстояние звезды от Луны в направлении последовательности знаков составляло 57 и одну десятую градуса. Поскольку Луна, как было сказано, находилась на расстоянии 92 и восьмой части градуса от заходящего Солнца, то положение ее определялось на 5 и одной шестой части градуса Близнецов. В течение получаса Луна должна была передвинуться на четверть градуса, ибо часовое движение ее составляет чуть больше или меньше полуградуса, но вследствие бывшего в то время отрицательным параллактического смещения Луны движение ее должно было быть немного меньшим четверти градуса, причем разность по его определению составляла двенадцатую часть. Таким образом, Луна была на 5 и одной трети градуса Близнецов.

Когда мы будем говорить о лунных параллаксах, то выяснится, что разность не была настолько большой, так что можно было с достаточным правом утверждать, что видимое положение Луны превышало пять градусов Близнецов не более чем на одну треть и не менее чем на две пятых градуса. Прибавляя к ним 57 градусов с одной десятой, получаем место звезды на $2^{1}/_{2}$ градусах Льва, приблизительно на $32^{1}/_{2}$ градусах от летнего солнцестояния при северной широте в одну шестую градуса. Таково было положение Регула; в зависимости от него можно было получить места и осталь-
69 ных неподвижных звезд. Это наблюдение Птолемея было сделано в году по римскому счету 139 от рождества Христова в 24-й день февраля, или в первом году 229-й олимпиады.

Вот каким образом этот муж, самый выдающийся из математиков, определил, на каком расстоянии от весеннего равноденствия находилась в то время каждая звезда, и составил каталог небесных созвездий. Этим он немало помог нашей теперешней работе и освободил от достаточно тяжелого труда нас, полагающих, что дóлжно не места звезд относить к меняющимся со временем равноденственным точкам, а, наоборот, равноденственные точки к сфере неподвижных звезд. Мы легко могли бы начать описание звезд от какой-нибудь другой неподвижной начальной точки, а не от Овна, как пер-

вого знака, и от первой его звезды, находящейся в его голове, как мы решили принять. Таким образом, звезды, которые сияют вместе, как прикрепленные и связанные друг с другом раз навсегда занятым местом, все время будут иметь одно и то же абсолютно установленное расположение.

Благодаря удивительным трудам и изобретательности древних звезды были сведены в 48 фигур, за исключением тех, которых скрывал находящийся приблизительно на четвертом климате через Родос круг вечно невидимых звезд. Так же вне этого деления остались, как бы им неизвестные, звезды, не входящие в созвездия.

Как думает Теон Младший в комментариях к Арату, из звезд были со- 70
ставлены фигуры не по какой другой причине, а именно чтобы можно было
по частям разобраться в таком их множестве и дать каждой какое-нибудь
название. Все это было сделано в достаточно древнее время, так как даже
у Гомера и Гесиода мы читаем упоминания о Плеядах, Арктуре и Орионе. 71
При их описании по долготе мы не будем пользоваться додекатемориями,
которые идут от равноденствий и солнцестояний, но простым и общепринятым градусным обозначением. Во всем остальном мы будем следовать Птолемею, за небольшими исключениями, которые получились вследствие искажений или если, как мы узнали, в действительности обстоит иначе. Каково расстояние звезд от упомянутых кардинальных пунктов, мы покажем
в следующей книге. 72

КАТАЛОГ ЗНАКОВ ЗОДИАКА И ЗВЕЗД

И прежде всего принадлежащих северному небу

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Малой Медведицы, или Киносуры					
В конце хвоста	53 30	Северные	66 0	3	α
Следующая в хвосте	55 50		70 0	4	δ
В начале хвоста	69 20		74 0	4	ε
В предшествующей стороне четырехугольника более южная	83 0		75 20	4	ζ
В той же стороне северная	87 0		77 40	4	η
Более южная звезда последующей стороны	100 30		72 40	2	β
В той же стороне северная	109 30		74 50	2	γ
7 звезд, из которых 2 второй величины, одна — третьей, 4 — четвертой					
Около Киносуры не вошедшая в созвездие, самая южная по прямой линии с последующей стороной	103 20	Северное	71 10	4	*a*
Большой Медведицы, которую называют Геликой					
Звезда на морде	78 40	Северные	39 50	4	o
В глазах передняя	79 10		43 0	5	*A*
Следующая за ней	79 40		43 0	5	π^2
Во лбу передняя из двух	79 30		47 10	5	ρ
Во лбу следующая	81 0		47 0	5	σ^2
На правом ухе первая	81 30		50 30	5	*d*

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Из двух на шее передняя	85 50		43 50	4	τ
Следующая	92 50		44 20	4	*h*
Из двух на груди северная	94 20		44 0	4	υ
Более южная	93 20		42 0	4	φ
На переднем левом колене	89 0		35 0	3	θ
Северная из двух на передней левой лапе	89 50		29 0	3	ι Талита
Которая более к югу	88 40		28 30	3	κ
На правом переднем колене	89 0		36 0	4	*e*
Под самым коленом	101 10		33 30	4	*f*
На бедре	104 0		49 0	2	α Дубхе
На паху	105 30	Северные	44 30	2	β Мерак
В корне хвоста	116 30		51 0	3	δ Мегрец
На левом заднем бедре	117 20		46 30	2	γ Пфахд
Передняя из двух на задней левой лапе	106 0		29 38	3	λ
Следующая за ней	107 30		28 15	3	μ Тания
На левой лодыжке	115 0		35 15	4	ψ
Северная из двух на правой задней лапе	123 10		25 50	3	ν
Та, которая более к югу	123 40		25 0	3	ξ Алула
Первая из трех на хвосте после корня	125 30		53 30	2	ε Алиот
Средняя из них	131 20		55 40	2	ζ Мизар
Последняя и на конце хвоста	143 10		54 0	2	η Бенетнаш

27 звезд, из которых 6 второй величины, 8 — третьей, 8 — четвертой, 5 — пятой

Не вошедшие в фигуру около Гелики

Которая к югу от хвоста	141 10		39 45	3	12 Can. Ven.
Предшествующая ей, более темная	133 30	Северные	41 20	5	8 Can. Ven.
Между передними лапами Медведицы и головой Льва	98 20		17 15	4	40 Lyncis
Более к северу от нее	96 40		19 10	4	38 Lyncis

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Последняя из трех темных	99 30	Северные	20 0	Темная	10 Leo Min
Предшествующая ей	95 30		22 45	»	? 8 Leo Min
Которая еще более впереди	94 30		23 15	»	36 Lyncis
Между передними лапами и Близнецами	100 20		22 15	»	31 Lyncis

Не вошедших в фигуру 8, из которых 1 — третьей величины, 2 — четвертой, 1 — пятой, 4 — темных

Дракона

На языке	200 0	Северные	76 30	4	μ
В пасти	215 10		78 30	4 больше	ν
Над глазом	216 30		75 40	3	β
На щеке	229 40		75 20	4	ξ
Над головой	233 30		75 30	3	γ
Северная звезда в первом изгибе хвоста	258 40		82 20	4	*b*
Южная из них	295 50		78 15	4	*c*
Средняя из них	262 10		80 20	4	*d*
Следующая за ними от начала во втором повороте	282 50		81 10	4	ι
Южная звезда предшествующей стороны четырехугольника	331 20		81 40	4	π
Северная на той же стороне	343 50		83 0	4	δ
Северная звезда последующей стороны	1 0		78 50	4	ε
Южная на той же стороне	346 10		77 50	4	ρ
В третьем изгибе южная звезда треугольника	4 0		80 30	4	σ
Передняя из остальных звезд треугольника	15 0		81 40	5	υ
Следующая за ней	19 30		80 15	5	τ
В предшествующем этим трем треугольнике передняя	66 20		83 30	4	φ
Из остальных звезд того же треугольника южная	43 40		83 30	4	χ

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град	Долгота мин		Широта град	Широта мин	Величина	(Современное название)
Более северная из двух верхних	35	10	Северные	84	50	4	φ
Из двух малых от треугольника задняя	200	0		87	30	6	f
Передняя из них	195	0		86	50	6	ω
Южная из трех, которые идут по прямой	152	30		81	15	5	g
Средняя из трех	152	50		83	0	5	h
Та из них, которая более к северу	151	0		84	50	3	ζ
Более северная из двух, которые на запад от них	153	20		78	0	3	η
Более южная	156	30		74	40	4 больше	θ
Отсюда к западу на изгибе хвоста	156	0		70	0	3	ι
Из двух на большем расстоянии предшествующая	120	40		64	40	4	i
Следующая за ней	124	30		65	30	3	α
Следующая на хвосте	192	30		61	15	3	χ
На конце хвоста	186	30		56	15	3	λ

Итак, 31 звезда 8 третьей величины, 16 — четвертой, 5 — пятой, 2 — шестой

Цефея

Место звезды в фигуре	Долгота град	Долгота мин		Широта град	Широта мин	Величина	(Современное название)
На правой ноге	28	40	Северные	75	40	4	κ
На левой ноге	26	20		64	15	4	γ
На правом боку под поясом	0	40		71	10	4	β
Касающаяся правого плеча	340	0		69	0	3	α
На суставе правого локтя, касающаяся его	332	40		72	0	4	η
Следующая, касающаяся того же локтя	333	20		74	0	4	θ
На груди	352	0		65	30	5	ξ
На левой руке	1	0		62	30	4 больше	ι

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Южная из трех на тиаре	339 40	Северные	60 15	5	ε
Средняя из них	340 40		61 15	4	ζ
Северная из трех	342 20		61 30	5	λ
11 звезд: 1 — третьей величины, 7 — четвертой, 3 — пятой					
Та из двух не входящих в созвездие, которая предшествует тиаре	337 0		64 0	5	μ (ν)
Следующая за ней	344 40		59 30	4	δ

Боота или Арктофилака — Волопас

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Передняя из трех на левой руке	145 40	Северные	58 40	5	κ
Средняя из трех, более южная	147 30		58 20	5	ι
Задняя из трех	149 0		60 10	5	θ
Та, которая на сочленении левого локтя	143 0		54 40	5	λ
На левом плече	163 0		49 0	3	γ
На голове	170 0		53 50	4 больше	β
На правом плече	179 0		48 40	4	δ
Южная из двух на посохе	179 0		53 15	4	μ
Более северная на конце посоха	178 20		57 30	4	ν^1, ν^2
Северная из двух под плечом на палице	181 0		46 10	4 больше	η Coronae или χ Bootis
Более южная из них	181 50		45 30	5	o Coronae?
На конце правой руки	181 35		41 20	5	*c* (ω, *b*)
Передняя из двух на ладони	180 0		41 40	5	ψ (*b*, ω)
Следующая за ней	180 20		42 30	5	*b* (ψ, ω)
На конце рукоятки посоха	181 0		40 20	5	ω (*c*)
На правом бедре	173 20		40 15	3	ε
Задняя из двух на поясе	169 0		41 40	4	σ
Предшествующая ей	168 20		42 10	4 больше	ρ

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
На правой пяте	178 40	Северные	28 0	3	ζ
Северная из трех на левой голени	164 40		28 0	3	η
Средняя из трех	163 50		26 30	4	τ
Самая южная из них	164 50		25 0	4	υ
22 звезды, из которых в третьей величине 4, в четвертой — 9, в пятой — 9					
Не входящая в созвездие, между колен, которую называют Арктуром	170 20		31 30	1	α
Северной Короны					
Блестящая в короне	188 0	Северные	44 30	2 больше	α (Гемма)
Передняя из всех	185 0		46 10	4 больше	β
Следующая к северу	185 10		48 0	5	θ
Следующая еще более к северу	193 0		50 30	6	π
Следующая за блестящей к югу	191 30		44 45	4	γ
Следующая за ней вблизи	190 30		44 50	4	δ
Следующая за ними на более далеком расстоянии	194 40		46 10	4	ε
Самая задняя из всех в короне	195 0		49 20	4	ι
8 звезд, из которых второй величины 1, четвертой — 5, пятой — 1, шестой — 1					
Коленопреклоненного					Геркулес
На голове	221 0	Северные	37 30	3	α
На правом плече	207 0		43 0	3	β
На правой руке	205 0		40 10	3	γ
На правой части живота	201 20		37 10	4	κ
На левом плече	220 0		48 0	3	δ

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
На левой руке	225 20	Северные	49 30	4 больше	λ
На левой части живота	231 0		42 0	4	μ
⟨Задняя⟩ из трех на левой ладони	238 50		52 50	4 больше	ο
Северная из двух остальных	235 0		54 0	4 больше	ν
Более южная	234 50		53 0	4	ξ
На правом боку	207 10		56 10	3	ζ
На левом боку	213 30		53 30	4	ε
На левой ягодице	213 20		56 10	5	*d*
В начале того же бедра	214 30		58 30	5	*c*
Передняя из трех на левом бедре	217 20		59 50	3	π
Следующая за ней	218 40		60 20	4	*e*
Третья следующая	219 40		61 15	4	ρ
На левом колене	237 10		61 0	4	θ
На левой икре	225 30		69 20	4	ι
На левой ступне, передняя из трех	188 40		70 15	6	74 (*x*)
Средняя из них	220 10		71 15	6	*x* (*y*)
Задняя из трех	223 0		72 0	6	*y* (*z*)
В начале правого бедра	207 0		60 15	4 больше	η
Более северная на том же бедре	198 50		63 0	4	σ
На правом колене	189 0		65 30	4 больше	τ
Более южная из двух под тем же коленом	186 40		63 40	4	φ
Более к северу	183 30		64 15	4	υ
На правой голени	184 30		60 0	4	χ
На конце правой ноги, там же, что на конце посоха Боота	178 20		57 30	4	$\nu^{1,2}$ Bootis
Кроме последней, 28 звезд: третьей величины — 6, четвертой — 17, пятой — 2, шестой — 3					
Не включенная, южнее правой руки	206 0		38 10	5	ω

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота (град мин)		Широта (град мин)	Величина	(Современное название)
	Лиры				
Блестящая, которая называется Лирой или Кифарой	250 40	Северные	62 0	1	α (Вега)
Северная из двух прилежащих	253 40		62 40	4 больше	ε^1, ε^2
Более южная	253 40		61 0	4 больше	ζ^1, ζ^2
В середине корней рогов	262 0		60 0	4	δ^2
Северная из двух прилегающих к началу рогов	265 20		61 20	4	η
Та, которая больше к югу	265 0		60 20	4	θ
Северная из двух передних в перекладине	254 20		56 10	3	β
Более южная	254 10		55 0	4 меньше	ν^2 (ν^1)
Северная из двух задних в той же перекладине	257 30		55 20	3	γ
Та, что более к югу	258 20		54 45	4 меньше	λ

Звезд 10: первой величины 1, третьей — 2, четвертой — 7

Место звезды в фигуре	Долгота (град мин)		Широта (град мин)	Величина	(Современное название)
	Олора, или Птицы				Лебедь
На клюве	267 50	Северные	49 20	3	β
На голове	272 20		50 30	5	φ
На середине шеи	279 20		54 30	4 больше	η
На груди	291 50		56 20	3	γ
На хвосте блестящая	302 30		60 0	2	α (Денеб)
На сгибе правого крыла	282 40		64 40	3	δ
Южная из трех на правом крыле	285 50		69 40	4	θ
Средняя	284 30		71 30	4 больше	ι
Последняя из трех на конце крыла	310 0		74 0	4	κ
На сгибе левого крыла	294 10		49 30	3	ε
На середине того же крыла	298 10		52 10	4 больше	λ
На его конце	300 0		74 0	3	ζ
На левой лапе	303 20		55 10	4 больше	ν
На левом колене	307 50		57 0	4	ξ

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Передняя из двух на правой лапе	294 30	Северные	64 0	4	o^1
Следующая за ней	296 0		64 30	4	o^2
Туманная в правом колене	305 30		63 45	5	ω^1, ω^2

Звезд 17, из которых второй величины 1, третьей — 5, четвертой — 9, пятой — 2

И две около Олора, не вошедшие в созвездие

Южная из двух под левым крылом	306 0		49 40	4	τ, υ
Та, что более к северу	307 10		51 40	4	σ

Кассиопеи

На голове	1 10	Северные	45 20	4	ζ
На груди	4 10		46 45	3 больше	α
На поясе	6 20		47 50	4	η
Над сиденьем у бедер	10 0		49 0	3 больше	γ
У колен	13 40		45 30	3	δ
На голени	20 20		47 45	4	ε
На конце ноги	355 0		48 20	4	ι (35 Hev.)
На левой руке	8 0		44 20	4	θ (μ)
На левом локте	7 40		45 0	5	φ (θ)
На правом локте	357 40		50 0	6	σ
На ножке сиденья	8 20		52 40	4	$\varkappa$
На середине спинки	1 10		51 40	3 меньше	β
На конце	27 10		51 40	6	ρ

Звезд 13, из которых третьей величины 4, четвертой — 6, пятой — 1, шестой — 2

Персея

Туманная на конце загнутой правой руки	21 0	Северные	40 30	Туманная	χ
На правом локте	24 30		37 30	4	η

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град	мин		Широта град	мин	Величина	(Современное название)
На правом плече	26	0	Северные	34	30	4 меньше	γ
На левом плече	20	50		32	20	4	θ
На голове, или облачко	24	0		34	30	4	τ
На лопатках	24	50		31	10	4	ι (18 Hev.)
Блестящая на правом боку	28	10		30	0	2	α
Передняя из трех на том же боку	28	40		27	30	4	σ
Средняя	30	20		27	40	4	φ
Последняя из трех	31	0		27	30	3	δ
На левом локте	24	0		27	0	4	κ
На левой руке и голове Медузы, блестящая	23	0		23	0	2	β (Альголь)
На той же голове, следующая	22	30		21	0	4	ω
Идущая перед ней, на той же голове	21	0		21	0	4	ρ
Предшествующая и этой	20	10		22	15	4	π
На правом колене	38	10		28	15	4	*b* (21 Hev.)
Предшествующая этой на колене	37	10		28	10	4	λ
Передняя из двух на животе	35	40		25	10	4	*c*
Следующая за ней	37	20		26	15	4	μ
На правом бедре	37	30		24	30	5	*d*
На правой икре	39	40		28	45	5	*e*
На левом бедре	30	10		21	40	4 больше	ν
На левом колене	32	0		19	50	3	ε
На левой голени	31	40		14	45	3 больше	ξ
На левой пяте	24	30		12	0	3 меньше	ο
На конце ноги	29	40		11	0	3 больше	ζ

Звезд 26, из которых второй величины 2, третьей — 5, четвертой — 16, пятой — 2, туманная — 1

Около Персея, не вошедшие в созвездие

На восток от левого колена	34	10	Северные	31	0	5	*f*
На север от правого колена	38	20		31	0	5	14 (12, 34) Hev.
Предшествующая голове Медузы	18	0		20	40	Темная	p^1

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Гениоха, или Возничего					
Из двух на голове южная	55 50	Северные	30 0	4	δ
Та, что более к северу	55 40		30 50	4	ξ
Блестящая на левом плече, которую называют козой (Капелла)	48 20*		22 30	1	α
На правом плече	56 10		20 0	2	β
На правом локте	54 30		15 15	4	ν
На правой ладони	56 10		13 30	4 больше	θ
На левом локте	45 20		20 40	4 больше	ε
Передняя из «козлят»	45 30		18 0	4 меньше	ζ (η)
На левой ладони, задняя из «козлят»	46 0		18 0	4 больше	η (ζ)
На левой икре	53 10		10 10	3 меньше	ι
На правой икре и конце северного рога Тельца	49 0		5 0	3 больше	γ=β Tauri
На пятке	49 20		8 30	5	χ
На бедре	49 40		12 20	5	φ
На левой ступне малая	42 0		10 20	6	?

Звезд 14, из которых первой величины — 1, второй — 1, третьей — 2, четвертой — 7, пятой — 2, шестой — 1

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Офиуха, или Змееносца					
На голове	228 10	Северные	36 0	3	α
Передняя из двух на правом плече	231 20		27 15	4 больше	β
Задняя	232 20		26 45	4	γ
Передняя из двух на левом плече	216 40		33 0	4	ι
Следующая за ней	218 0		31 50	4	κ
На левом локте	211 40		34 30	4	λ
Передняя из двух на левой руке	208 20		17 0	4	δ

* В манускрипте 78.

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Следующая	209 20	Сев.	12 30	3	ε
На правом локте	220 0	»	15 0	4	μ
Передняя на правой руке	205 40	»	18 40	4 меньше	ν
Следующая	207 40	»	14 20	4	τ
На правом колене	224 30	»	4 30	3	η
На правой голени	227 0	»	2 15	3 больше	ξ
Передняя из четырех на правой ступне	226 20	Южн.	2 15	4 »	*A*?
Следующая	227 40	»	1 30	4 »	θ?
Третья следующая	228 20	»	0 20	4 »	*b* ?
Последняя следующая	229 10	»	1 45	5 »	*c* ?
Касающаяся пятки	229 30	»	1 0	5	? 52 Ophiuchi или 2 Sagittarii
На левом колене	215 30	Сев.	11 50	3	ζ
Северная из трех по прямой на левой голени	215 0	»	5 20	5 больше	φ
Средняя из них	214 0	»	3 10	5	χ
Южная из трех	213 0	»	1 40	5 больше	ψ
На левой пяте	215 40	»	0 40	5	ω
Касающаяся подошвы левой ступни	214 0	Южн.	0 45	4	ρ

24 звезды, из которых третьей величины — 5, четвертой — 13, пятой — 6

Невошедшие в фигуру около Офиуха

Самая северная из трех к востоку от правого плеча	235 20	Северные	28 10	4	66
Средняя из трех	236 0		26 20	4	67
Южная из трех	233 40		25 0	4	68
Еще следующая за тремя	237 0		27 0	4	70
Отдельная от четырех на севере	238 0		33 0	4	72

Итак, пять звезд, не вошедших в созвездие, — все четвертой величины

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
		Змеи Офиуха			
В четырехугольнике, та, что на щеке	192 10	Северные	38 0	4	ι
Касающаяся ноздрей	201 0		40 0	4	ρ
На виске	197 40		35 0	3	γ
У начала шеи	195 20		34 15	3	β
Средняя четырехугольника, в пасти	194 40		37 15	4	κ
От головы к северу	201 30		42 30	4	π
На первом извиве шеи	195 0		29 15	3	δ
Северная из трех следующих	198 10		26 30	4	λ
Средняя из них	197 40		25 20	3	α
Южная из трех	199 40		24 0	3	ε
Передняя из двух в левой руке Змееносца	202 0		16 30	4	μ
Следующая за ней в той же руке	211 30		16 15	5	υ Ophiuchi
Идущая за правым бедром	227 0		10 30	4	ν
Южная из двух следующих	230 20		8 30	4 больше	ξ
Северная	231 10		10 30	4	ο
За правой рукой в изгибе хвоста	237 0		20 0	4	ζ
Следующая на хвосте	242 0		21 10	4 больше	η
На конце хвоста	251 40		27 0	4	θ

18 звезд, из которых третьей величины — 5, четвертой — 12, пятой — 1

Стрелы					
На острие	273 30	Северные	39 20	4	γ
Задняя из трех на древке	270 0		39 10	6	ζ
Средняя из них	269 10		39 50	5	δ
Предшествующая из трех	268 0		39 0	5	α
На задней части оперения	266 40		38 45	5	β

5 звезд, из которых четвертой величины — 1, пятой — 3, шестой — 1

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Орла					
По середине головы	270 30	Северные	26 50	4	τ
На шее	268 10		27 10	3	β
Блестящая на лопатках, которую зовут Орлом	267 10		29 10	2 больше	α (Альтаир)
Ближайшая к ней, более к северу	268 0		30 0	3 меньше	ξ (ο)
Передняя на правом плече	266 30		31 30	3	γ (ν)
Задняя	269 20		31 30	5	φ
Передняя на правом плече	263 0		28 40	5	μ
Следующая	264 30		26 40	5 больше	σ
На хвосте, касающаяся Млечного Пути	255 30		26 30	3	ζ

9 звезд, из которых второй величины — 1, третьей — 4, четвертой — 1, пятой — 3

Не вошедшие в фигуру около Орла

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
От головы, передняя к югу	272 0	Северные	21 40	3	η
Следующая	272 20		29 10	3	θ
От правого плеча по направлению к юго-западу	259 20		25 0	4 больше	δ
К югу	261 30		20 0	3	ι
Еще более к югу	263 0		15 30	5	κ
Идущая впереди всех	254 30		18 10	3	λ

Не вошедших в фигуру 6: третьей величины — 4, четвертой — 1 и пятой — 1

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Дельфина					
Передняя из трех в хвосте	281 0	Северные	29 10	3 меньше	ε
Из двух остальных более северная	282 0		29 0	4 »	ι
Южная	282 0		26 40	4	κ
В ромбоиде — более южная звезда передней стороны	281 50		32 0	3 меньше	β
Северная той же стороны	283 30		33 50	3 »	α

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Южная задней стороны	284 40	Северные	32 0	3 меньше	δ
Северная той же стороны	286 50		33 10	3 »	γ
Из трех между хвостом и ромбом более южная	280 50		34 15	6	η (ζ)
Из двух остальных, к северу передняя	280 50		31 50	6	ζ (η)
Задняя	282 20		31 30	6	θ

10 звезд, а именно: третьей величины 5, четвертой — 2, шестой — 3

Части Коня

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Передняя из двух в голове	289 40	Северные	20 30	Темная	α
Задняя	292 20		20 40	»	β
Передняя из двух на морде	289 40		25 30	»	γ
Задняя	291 0		25 0	»	δ

Четыре звезды, все темные

Крылатого Коня, или Пегаса

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
В зеве	298 40	Северные	21 30	3 больше	ε
Из двух близких звезд на голове северная	302 40		16 50	3	θ
Более южная	301 20		16 0	4	ν
Из двух звезд в гриве южная	314 40		15 0	5	ρ (σ)
Более северная	313 50		16 0	5	σ (ρ)
Передняя из двух на шее	312 10		18 0	3	ζ
Задняя	313 50		19 0	4	ξ
На левом копыте	305 40		36 30	4 больше	κ
На левом колене	311 0		34 15	4 »	ι
На правом копыте	317 0		41 10	4 »	π
Передняя из двух близких звезд на груди	319 30		29 0	4	λ
Задняя	320 20		29 30	4	μ
Северная из двух на правом колене	322 20		35 0	3	η
Более к югу	321 50		24 30	5	ο

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Северная из двух на теле под крылом	327 50	Северные	25 40	4	τ
Более южная	328 20		25 0	4	υ
На лопатках у бока крыла	350 0		19 40	2 меньше	α
На правом плече и начале бедра	325 30		31 0	2 »	β
На краю крыла	335 30		12 30	2 »	γ
На пупке, общая с головой Андромеды	341 10		26 0	2 »	δ=α Androm

Звезд 20, а именно второй величины — 4, третьей — 4, четвертой — 9, пятой — 3

Андромеды

На лопатках	348 40	Северные	24 30	3	δ
На правом плече	349 40		27 0	4	π
На левом плече	347 40		23 0	4	ε
Из трех на правой руке самая южная	347 0		32 0	4	σ
Более северная	348 0		33 30	4	θ
Средняя из трех	348 20		32 20	5	ρ
В самом конце правой руки, южная из трех	343 0		41 0	4	ι
Средняя из них	344 0		42 0	4	κ
Северная из трех	345 30		44 0	4	λ
На левой руке	347 30		17 30	4	ζ
На левом локте	349 0		15 50	3	η
Из трех на поясе южная	357 10		25 20	3	β
Средняя	355 10		30 0	3	μ
Северная из трех	355 20		32 30	3	ν
На левой ступне	10 10		23 0	3	γ
На правой ступне	10 30		37 10	4 больше	φ Persei
Более к югу от нее	8 30		35 20	4 »	υ Persei
Из двух сзади колена северная	5 40		29 0	4	υ

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град	мин		Широта град	мин	Величина	(Современное название)
Южная	5	20	Северные	28	0	4	τ
На правом колене	5	30		35	30	5	φ
Из двух на подоле или шлейфе северная	6	0		34	30	5	A (ξ)
Южная	7	30		32	30	5	χ (ω)
Выступающая из правой руки и не включенная в фигуру	5	0		44	0	3	o

Звезд 23, а именно третьей величины 7, четвертой — 12, пятой — 4

Треугольника

В вершине треугольника	4	20	Северные	16	30	3	α
Передняя из трех в основании	9	20		20	40	3	β
Средняя	9	30		20	20	4	δ
Задняя из трех	10	10		19	0	3	γ

4 звезды, из них третьей величины 3, четвертой — 1

Итак, на северной части неба всего 360 звезд: первой величины — 3, второй — 18, третьей — 81, четвертой — 177, пятой — 58, шестой — 13, туманная — 1, темных — 9.

Звезды, находящиеся в среднем поясе по обе стороны зодиакального круга

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Овна					
Передняя из двух на рогах и первая из всех звезд	0 0	Сев.	7 20	3 меньше	γ
Следующая на рогах	1 0	»	8 20	3	β
Из двух на морде северная	4 20	»	7 40	5	η
Более южная	4 50	»	6 0	5	θ^1
На шее	9 50	»	5 30	5	ι
На почках	10 50	»	6 0	6	ν
На корне хвоста	14 40	»	4 50	5	ε
Передняя из трех на хвосте	17 10	»	1 40	4	δ
Средняя	18 40	»	2 30	4	ζ
Задняя из трех	20 20	»	1 50	4	τ^2
На бедре	13 0	»	1 10	5	ρ^2, ρ^3
На колене	11 20	Южн.	1 30	5	σ
На конце задней ноги	8 10	»	5 15	4 больше	μ Ceti

13 звезд, из которых третьей величины 2, четвертой — 4, пятой — 6, шестой — 1

Не вошедшие в фигуру около Овна

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Блестящая над головой	3 50	Северные	10 0	3 больше	α
Самая северная, над спиной	15 0		10 10	4	41 *c*
Северная из трех остальных малых звезд	14 40		12 40	5	39
Средняя	13 0		10 40	5	35
Южная из них	12 30		10 40	5	33

5 звезд, из которых 1 третьей величины, 1 — четвертой, 3 — пятой

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Тельца					
Самая северная из четырех в сечении	19 40	Южн.	6 0	4	*f*
Другая за ней	19 20	»	7 15	4	*s*
Третья	18 0	»	8 30	4	ξ
Четвертая, самая южная	17 50	»	9 15	4	ο
На правой лопатке	23 0	»	9 30	5	*e*

Продолжение

	Место звезды в фигуре	Долгота град	Долгота мин		Широта град	Широта мин	Величина	(Современное название)
	На груди	27	0	Южн.	8	0	3	λ
	На правом колене	30	0	»	12	40	4	μ
	На правом копыте	26	20	»	14	50	4	ν
	На левом колене	35	30	»	10	0	4	c^1
	На левом копыте	36	20	»	13	30	4	*d*
	На морде пять, которые называются succulae или Гиадами, та, которая в ноздрях	32	0	»	5	45	3 меньше	γ
	Между ней и северным глазом	33	40	»	4	15	3 »	δ^1
	Между ней же и южным глазом	34	10	»	0	50*	3 »	θ^1, θ^2
73	Блестящая в самом глазу, называемая у римлян Palilicium	36	0	»	5	10	1	α (Альдебаран)
	На северном глазу	35	10	»	3	0	3 меньше	ε
	Между началом южного рога и ухом	40	30	»	4	0	4	*i*
	Южная из двух на том же рогу	43	40	»	5	0	4	*m*
	Более северная из них	43	20	»	3	30	5	l^1
	На конце того же рога	50	30	»	2	30	3	ζ
	В начале северного рога	49	0	»	4	0	4 Венера в апогее 48°20′	τ
	На его конце, она же на правой ступне Гениоха	49	0	Сев.	5	0	3	β
	Северная из двух на северном ухе	35	20	»	4	30	5	υ^1 (υ^2)
	Южная из них	35	0	»	4	0	5	κ
	Передняя из двух малых на затылке	30	20	»	0	40	5	37 A^1 (43)
	Следующая за ней	32	20	»	1	0	6	ω^2 (ω)

* Thorn 8°50′.

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Южная из передних в четырехугольнике на шее	31 20	Сев.	5 0	5	*p*
Северная на той же стороне	32 10	»	7 10	5	42 ψ (41)
Южная на задней стороне	35 20	»	3 0	5	χ
Северная на той же стороне	35 0	»	5 0	5	φ
Северный конец передней стороны Плеяд	25 30	»	4 30	5 Vergiliae	? 19 Тайгета (16)
74 Южный конец той же стороны	25 30	»	4 40	5	? 23 Меропа (17)
Самый острый угол задней стороны Плеяд	27 0	»	5 20	5	? 27 Атлант (η)
Маленькая из Плеяд, отделенная от крайних	26 0	»	3 0	5	? 18 Альциона

32 звезды, кроме той, которая находится на конце северного рога, первой величины 1, третьей — 6, четвертой — 11, пятой — 13, шестой — 1

Не входящие в фигуру около Тельца

Между ногой и лопаткой внизу	18 20	Южн.	17 30	4	10
Передняя из трех около южного рога	43 20	»	2 0	5	ι
Средняя из трех	47 20	»	1 45	5	109 *n* (105)
Задняя из трех	49 20	»	2 0	5	114 *o*
Северная из двух под концом того же рога	52 20	»	6 20	5	126 (119, 130)
Южная	52 20	»	7 40	5	129 (128)
Передняя из пяти под северным рогом	50 20	Сев.	2 40	5	121 (118)
Вторая следующая	52 20	»	1 0	5	125
Третья следующая	54 20	»	1 20	5	132
Северная из двух остальных	55 40	»	3 20	5	136
Южная	56 40	»	1 15	5	139

11 звезд, не включенных в фигуру: четвертой величины 1, пятой — 10

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
		Близнецов			
На голове переднего близнеца Кастора	76 40	Сев.	9 30	2	α
На голове заднего близнеца Поллукса желтоватая	79 50	»	6 15	2	β
На левом локте переднего близнеца	70 0	»	10 0	4	θ
На руке его же	72 0	»	7 20	4	τ
На лопатках того же близнеца	75 20	»	5 30	4	ι
На правом плече его же	77 20	»	4 50	4	υ
На левом плече заднего близнеца	80 0	»	2 40	4	ϰ
На правом боку переднего близнеца	75 0	»	2 40	5	*A* (57)
На левом боку заднего близнеца	76 30	»	3 0	5	? 58 (*b*, *c*, 63)
На левом колене переднего близнеца	66 30	»	1 30	3	ε
На левом колене заднего	71 35	Южн.	2 30	3	ζ
На левом паху его же	75 0	»	0 30	3	δ
На правой голени его же	74 40	»	0 40	3	? λ
Передняя на ступне первого близнеца	60 0	»	1 30	4 больше	η
На той же ступне задняя	61 30	»	1 15	4	μ
На конце ноги первого близнеца	63 30	»	3 30	4	ν
На верху ноги заднего	65 20	»	7 30	3	γ
Внизу той же ноги	68 0	»	10 30	4	ξ

18 звезд, из которых второй величины 2, третьей — 5, четвертой — 9, пятой — 2

Не входящих в фигуру, около Близнецов

Стоящая впереди верха ступни переднего близнеца	57 30	Южн.	0 40	4	*H*
Блестящая перед коленом, его же	59 50	Сев.	5 50	4 больше	ϰ Aurigae

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Предшествующая левому колену заднего близнеца	68 30	Южн.	2 15	5	*d*
Северная из трех следующих за правой рукой заднего близнеца	81 40	»	1 20	5	? 85 (*g*)
Средняя	79 40	»	3 20	5	? *g* (*f*)
Южная из трех около правой руки	79 20	»	4 30	5	? *f* (68)
Следующая за тремя, блестящая	84 0	»	2 40	4	? ζ Cancri

Не включенных в фигуру 7 звезд: четвертой величины 3, пятой — 4

Рака

Туманная на груди, называемая Praesepe (ясли)	93 40	Сев.	0 40	Туманная	ε
Северная из двух передних в четырехугольнике	91 0	»	1 15	4 меньше	η
Южная	91 20	Южн.	1 10	4 »	θ
Северная из двух следующих, называемых ослятами	93 40	Сев.	2 40	4 больше	γ
Южный Осленок	94 40	Южн.	0 10	4 »	δ
На клешне или лапе южной	99 50	»	5 30	4	α
На северной лапе	91 40	Сев.	11 50	4	ι
На конце северной лапы	86 0	»	1 0	5	μ
На конце южной лапы	90 30	Южн.	7 30	4	β

9 звезд: четвертой величины 7, пятой — 1, туманная — 1

Около Рака, не включенные в фигуру

Над изгибом южной клешни	103 0	Южн.	2 40	4 меньше	o^1, o^2 (π)
Следующая за концом той же клешни	105 0	»	5 40	4 »	κ
Передняя из двух над «облачком»	97 20	Сев.	4 50	5	ν (ξ)
Следующая за ней	100 20	»	7 15	5	ξ (ν)

Четыре звезды, не включенных в фигуру: четвертой величины 2, пятой — 2

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
	Льва				
На ноздрях	101 40	Сев.	10 0	4	κ
В пасти	104 30	»	7 30	4	λ
Северная из двух на голове	107 40	»	12 0	3	μ
Южная	107 30	»	9 30	3 больше	ε
Северная из трех на шее	113 30	»	11 0	3 Апогей Марса 109°50′	ζ
Средняя	115 30		8 30	2	γ
Южная из трех	114 0	»	4 30	3	η
На сердце, называемая Василиском или Регулом	115 50	»	0 10	1	α
На груди южная из двух	116 50	Южн	1 50	4	*A*
Немного впереди той, которая на сердце	113 20	»	0 15	5	ν
На правом переднем колене	110 40		0 0	5	ψ
На когтях правой лапы	117 30	Южн	3 40	6	ξ
На левом переднем колене	122 30	»	4 10	4	ο
На когтях левой лапы	115 50	»	4 15	4	π
На левой подмышке	122 30	»	0 10	4	ρ
Передняя из трех на брюхе	120 20	Сев.	4 0	6	*i*
Северная из двух задних	126 20	»	5 20	6	*k*
Южная	125 40	»	2 20	6	*l*
Передняя из двух на пояснице	124 40	»	12 15	5	*b*
Задняя	127 30	»	13 40	2	δ
Северная из двух на круле	127 40	»	11 30	5	? (72)
Южная	129 40	»	9 40	3	θ (*n*)
На заднем бедре	133 40	»	5 50	3	ι
На сочленении	135 0	»	1 15	4	σ
На задней лодыжке	135 0	Южн	0 50	4	? τ
На задней лапе	134 0	»	3 0	5	υ
На конце хвоста	137 50	Сев.	11 50	1 меньше	β (Денебола)

27 звезд: первой величины 2, второй — 2, третьей — 6, четвертой — 8, пятой — 5, шестой — 4

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Не входящие в фигуру, около Льва					
Передняя из двух над спиной	119 20	Сев.	13 20	5	41 Leo Min
Следующая за ней	121 30	»	15 30	5	54
Северная из трех под брюхом	129 50	»	1 10	4 меньше	χ
Средняя	130 30	Южн.	0 30	5	*c*
Южная из трех	132 20	»	2 40	5	*d*
Самая северная звезда туманной кучи между концами Льва и Медведицы, называемой Волосами Вероники	138 10	Сев.	30 0	Блестящая	*c* Comae
Передняя из двух южных	133 50	»	25 0	Темная	*h* Comae
Следующая за ней в форме листа плюща	141 50	»	25 30	»	*k* Comae

Не включенных в фигуру 8: четвертой величины 1, пятой — 4, блестящая — 1, темные — 2

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Девы					
Передняя (южная) из двух наверху головы	139 40	Сев.	4 15	5	ν
Следующая, более северная	140 20	»	5 40	5	ξ
Северная из двух на лице	144 0	»	8 0	5	ο
Южная	143 30	»	5 30	5	π
На конце левого (южного) крыла	142 20	»	6 0	3	β
Передняя из четырех на левом крыле	151 35	»	1 10	3	η
Вторая следующая	156 30	»	2 50	3	γ
Третья	160 30	»	2 50	5	46 (*k*)
Последняя задняя из четырех	164 20	»	1 40	4	θ
На левом боку под поясом	157 40	»	8 30	3	δ
Передняя из трех на правом северном крыле	151 30	»	13 50	5	ρ
Южная из двух остальных	153 30	»	11 40	6 Апогей Юпитера 154°20′	32° α^2

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Северная из них, называемая Жнецом	155 30	Сев.	15 10	3 больше	ε
На левой руке, называемая Спикой	170 0	Южн.	2 0	1	α
Под передником на правом бедре	168 10	Сев.	8 40	3	ζ
На левом бедре, северная из передних в четырехугольнике	169 40	»	2 20	5	l (l^2)
Южная	170 20	»	0 10	6	h
Северная из двух задних	173 20	»	1 30	4	m
Южная	171 20	»	0 20	5	i
На левом колене	175 0	»	1 30	5	86
На конце правого бедра	171 20	»	8 30	5	p
На подоле средняя	180 0	»	7 30	4	ι
Южная	180 40	»	2 40	4	κ
Северная	181 40	»	11 40	4	φ
На левой (южной) ступне	183 20	»	0 30	4 Апогей Меркурия 183°20′	λ
На правой (северной) ступне	186 0	»	9 50	3	μ

26 звезд: первой величины 1, третьей — 7, четвертой — 6, пятой — 10, шестой — 2

Не включенных в фигуру, около Девы

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Передняя из трех по прямой под левой рукой	158 0	Южн.	3 30	5	χ
Средняя	162 20	»	3 30	5	ψ
Следующая за ней	165 35	»	3 20	5	49
Передняя из трех по прямой линии под Спикой	170 30	»	7 20	6	53
Средняя из них (двойная)	171 30	»	8 20	5	61, 63
Следующая из трех	173 20	»	7 50	6	89 (73)

Не включенных в фигуру 6: пятой величины 4, шестой — 2

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
	Клешней				**Весы**
Блестящая из двух на конце южной клешни	191 20	Северные	0 40	2 больше	α
Более темная, севернее	190 20		2 30	5	μ
Блестящая из двух на конце северной клешни	195 30		8 30	2	β
Перед ней, более темная	191 0		8 30	5	δ
На середине южной клешни	197 20		1 40	4	ι
Там же, впереди этой	194 40		1 15	4	ν
На середине северной клешни	200 50		3 45	4	γ
Там же, сзади	206 20		4 30	4	θ

8 звезд, из которых второй величины 2, четвертой — 4, пятой — 2

Не включенные в фигуру около Клешней

Передняя из трех к северу от северной клешни	199 30	Сев.	9 0	5	37
Южная из двух следующих	207 0	»	6 40	4	ψ
Северная из них	207 40	»	9 15	4	ξ Scorpii
Между клешнями, задняя из трех	205 50	»	5 30	6	λ
Из двух остальных передних северная	203 40	»	2 0	4	? χ (41)
Южная	204 30	»	1 30	5	? Arg. 14782
Передняя из трех под южной клешней	196 20	Южн.	7 30	3	γ Scorpii
Северная из двух остальных задних	204 30	»	8 10	4	39
Южная	205 20	»	9 40	4	τ (o Scorpii)

Не включенных в фигуру 9: третьей величины 1, четвертой — 5, пятой — 2, шестой — 1

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Скорпиона					
Северная из трех блестящих на лбу	209 40	Сев.	1 20	3 больше	β
Средняя	209 0	Южн.	1 40	3	δ
Южная из трех	209 0	»	5 0	3	π
Лежащая более к югу, на ноге	209 20	»	7 50	3	ρ
Из двух смежных блестящая, северная	210 20	Сев.	1 40	4	ν
Южная	210 40	»	0 30	4	ω^1, ω^2
Передняя из трех блестящих на теле	214 0	Южн.	3 45	3	σ
Средняя красноватая, называемая Антарес	216 0	»	4 0	2 больше	α
Последняя из трех	217 50	»	5 30	3	τ
Передняя из двух на конце вертлюга	212 40	»	6 10	5	c^2
Следующая за ней	213 50	»	6 40	5	*d*
На первом членике тела	221 50	»	11 0	3	ε
На втором членике	222 10	»	15 0	4	μ^1, μ^2
На третьем, северная из двух	223 20	»	18 40	4	ζ^1
Южная из двух	223 30	»	18 0	3	ζ^2 (ζ^1)
На четвертом членике	226 30	»	19 30	3 Апогей Сатурна 226°30′	η
На пятом	231 30	»	18 50	3	θ
На шестом членике	233 50	»	16 40	3	ι
На седьмом, ближайшем к жалу	232 20	»	15 10	3	κ
На самом жале, задняя из двух	230 50	»	13 20	3	λ
Предшествующая	230 20	»	13 30	4	ν

21 звезда, из которых второй величины 1, третьей — 13, четвертой—5, пятой — 2

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Около Скорпиона не вошедшие в фигуру					
Следующая за жалом, туманная	234 30	Южные	12 15	Туманная	γ Telescopii
Передняя из двух на север от жала	228 50	Южные	6 10	5	*d* Ophiuchi
Следующая за ней	232 50	Южные	4 10	5	3 Sagittarii (43, 44 Ophiuchi)

Из трех не вошедших в фигуру пятой величины 2, туманная — одна

Стрельца

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
На острие стрелы	237 50	Южн.	6 30	3	γ
На рукоятке у левой руки	241 0	»	6 30	3	δ
На южной части лука	241 20	»	10 50	3	ε
На северной, более южная из двух	242 20	»	1 30	3	λ
Более северная, на конце лука	240 0	Сев.	2 50	4	μ
На левом плече	248 40	Южн.	3 10	3	σ
Предшествующая ей, на стреле	246 20	»	3 50	4	φ
Двойная туманная на глазу	248 30	Сев.	0 45	Туманная	ν^1, ν^2
На голове, передняя из трех	249 0	»	2 10	4	ξ^2
Средняя	251 0	»	1 30	4 больше	ο
Задняя	252 30	»	2 0	4	π
На северном касании [с плащом], из трех более южная	254 40	»	2 50	4	*d*
Средняя	255 40	»	4 30	4	ρ
Северная из трех	256 10	»	6 30	4	υ
Следующая за тремя, темная	259 0	»	5 30	6	e^1, e^2
На южном касании [с плащом], северная из двух	262 50	»	5 50	5	*g*
Южная	261 0	»	2 0	6	*f* (57)
На правом плече	255 40	Южн.	1 50	5	χ^1, χ^3
На правом локте	258 10	»	2 50	5	h^1, h^2
На лопатках	253 20	Южн.	2 30	5	ψ

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
На плечевой части [лошади]	251 0	Южн.	4 30	4 больше	τ
На подмышке	249 40	»	6 45	3	ζ
На переднем левом копыте	251 0	»	23 0	2	β^1, β^2
На колене той же ноги	250 20	»	18 0	2	α
На переднем правом копыте	240 0	»	13 0	3	η (β Telescop.)
На левой лопатке	260 40	»	13 30	3	k^1, k^2 (θ, *m* Lac.)
На переднем правом колене	260 0	»	20 10	3	ι (*e* Lac.)
Из четырех на корне хвоста передняя северной стороны	261 0	»	4 50	5	ω
Задняя на той же стороне	261 10	»	4 50	5	*A*
Передняя южной стороны	261 50	»	5 50	5	*b*
Задняя той же стороны	265 0	»	6 50	5	*c*

31 звезда, из которых второй величины 2, третьей — 9, четвертой — 9, пятой — 8, шестой — 2, туманная — 1

Козерога

На переднем роге северная из трех	270 40	Сев.	7 30	3	α^1, α^2
Средняя	271 0	»	6 40	6	ν
Южная из трех	270 40	»	5 0	3	β
75 На конце заднего рога	272 20	»	8 0	6	ξ^1, ξ^2
В пасти южная из трех	272 20	»	0 45	6	ο
Передняя из двух остальных	272 0	»	1 45	6	π
Задняя	272 10	»	1 30	6	ρ
Под правым глазом	270 30	»	0 40	5	σ
На шее, северная из двух	275 0	»	4 50	6	τ^1, τ^2
Южная	275 10	Южн.	0 50	5	υ
На правом колене	274 10	»	6 30	4	? ψ
На левом согнутом колене	275 0	»	8 40	4	? ω
На левом плече	280 0	»	7 40	4	? *A*
Под брюхом, передняя из двух смежных	283 30	»	6 50	4	ζ
Следующая за ней	283 40	Южн.	6 0	5	*b* (35)

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
На середине тела, задняя из трех	282 0	Южн.	4 15	5	φ
Южная из двух остальных передних	280 0	»	4 0	5	χ
Северная из них	280 0	»	2 50	5	η
Из двух на спине предшествующая	280 0	»	0 0	4	θ
Следующая	284 20	»	0 50	4	ι
На южном плавнике, передняя из двух	286 40	»	4 45	4	ε
Задняя	288 20	»	4 30	4	κ
На корне хвоста, передняя из двух	288 40	»	2 10	3	γ
Задняя	289 40	»	2 0	3	δ
На северной части хвоста, передняя из четырех	290 10	»	2 20	4	*d*
Южная из трех остальных	292 0	»	5 0	5	μ
Средняя	291 0	»	2 50	5	λ
Северная на конце хвоста	292 0	Сев.	4 20	5	c^1

28 звезд, из которых третьей величины 4, четвертой — 9, пятой — 9, шестой — 6

Водолея

На голове	293 40	Сев.	15 45	5	*d*
На правом плече, более светлая	299 40	»	11 0	3	α
Более темная	298 30	»	9 40	5	ο
На левом плече	290 40	»	8 50	3	β
Под мышкой	290 40	»	6 15	5	ξ
Под левой рукой на одежде, задняя из трех	280 0	»	5 30	3	ν
Средняя	279 30	»	8 0	4	μ
Передняя из трех	278 0	»	8 30	3	ε
На правом локте	302 50	»	8 45	3	γ
На правой руке, северная	303 0	Сев.	10 45	3	π
Передняя из двух остальных южных	305 20	»	9 0	3	ζ

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Следующая за ней	306 40	Сев.	8 30	3	η
На чреслах справа, передняя из двух смежных	299 30	»	3 0	4	θ
Задняя	300 20	»	2 10	5	ρ
На правом бедре	302 0	Южн.	0 50	4	σ
На левом бедре, южная из двух	295 0	»	1 40	4	ι
Более северная	295 30	Сев.	4 0	6	*e*
На правой голени, южная	305 0	Южн.	7 30	3	δ
Северная	304 40	»	5 0	4	τ
На левом бедре	301 0	»	5 40	5	*f*
На левой голени, южная из двух	300 40	»	10 0	5	g^2 (υ)
Северная под коленом	302 10	»	9 0	5	g^1
На потоке воды, первая от руки	303 20	Сев.	2 0	4	? ϰ (67)
Следующая, более южная	308 10	»	0 10	4	λ
Та, что сзади, на первом изгибе струи	311 0	Южн.	1 10	4	*h*
Следующая за ней	313 20	»	0 30	4	φ
На другом изгибе, к югу	313 50	»	1 40	4	χ
Из двух следующих северная	312 30	»	3 30	4	ψ^1
Южная	312 50	»	4 10	4	ψ^2, ψ^3
Стоящая отдельно к югу	314 10	»	8 15	5	? 94, 97
За ней, передняя из двух смежных	316 0	»	11 0	5	ω^1
Задняя	316 30	»	10 50	5	ω^2
На третьем изгибе струи, северная из трех	315 0	»	14 0	5	A^1, A^2
Средняя	316 0	»	14 45	5	i^1 (A^2)
Задняя из трех	316 30	»	15 40	5	i^2 (i^1)
Из трех таких же следующих северная	310 20	»	14 10	4	b^1
Средняя	310 50	»	15 0	4	b^2
Южная из трех	311 40	»	15 45	4	b^3 (b^2, b^4)
На последнем изгибе струи, передняя из трех	305 10	Южн.	14 50	4	c^1
				4	
Южная из двух задних	306 0	»	15 20	4	c^3
Северная	306 30	»	14 0		c^2

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Самая крайняя на воде, во рту южной Рыбы	300 20	Южн.	23 0	1	α Pisc. Austr.

42 звезды: первой величины 1, третьей —9, четвертой —18, пятой—13, шестой — 1

Около Водолея, не включенные в фигуру

Из трех следующих за изгибом струи передняя	320 0	Южные	15 30	4	2 Ceti
Северная из двух остальных	323 0		14 20	4	6 Ceti
Южная из них	322 20		18 15	4	7 Ceti

Три звезды, несколько большие четвертой величины

Рыб

Во рту передней Рыбы	315 0	Сев.	9 15	4	β
Из двух на черепе южная	317 30	»	7 30	4 больше	γ
Северная	321 30	»	9 30	4	*b*
На спине, передняя из двух	319 20	»	9 20	4	θ
Задняя	324 0	»	7 30	4	ι
На брюхе, передняя	319 20	»	4 30	4	κ
Задняя	323 0	»	2 30	4	λ
На хвосте той же Рыбы	329 20	»	6 20	4	ω
На ее веревке, первая от хвоста	334 20	»	5 45	6	*d*
Следующая за ней	336 20	»	2 45	6	51
За ними, передняя из трех блестящих	340 30	»	2 15	4	δ
Средняя	343 50	»	1 10	4	ε
Задняя	346 20	Южн.	1 20	4	ζ
Из двух малых в изгибе северная	345 40	»	2 0	6	e^2
Южная	346 20	Южн.	5 0	6	*f*
Из трех после изгиба передняя	350 20	»	2 20	4	μ
Средняя	352 0	»	4 40	4	ν
Задняя	354 0	»	7 45	4	ξ
В узле обеих веревок	356 0	»	8 30	3	α

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
В северной веревке, первая от узла	354 0	Южн.	4 20	4	o
Из трех за ней южная	353 30	Сев.	1 30	5	π
Средняя	353 40	»	5 20	3	η
Северная из трех и последняя на веревке	353 50	»	9 0	4	ρ (93, 94)
Задней Рыбы					
Из двух во рту северная	355 20	»	21 45	5	*g*
Южная	355 0	»	21 30	5	τ
Из трех малых на голове задняя	352 0	»	20 0	6	*h*
Средняя				6	
Передняя из трех	351 0	»	19 50	6	*k*
На южной спине передняя из	350 20	»	23 0	4	*i*
трех около левого локтя Андромеды	349 0	»	14 20		ψ^1
Средняя	349 40	»	13 0	4	ψ^2
Задняя из трех	351 0	»	12 0	4	ψ^3 (χ)
Из двух на брюхе северная	355 30	»	17 0	4	υ
Стоящая более к югу	352 40	»	15 20	4	ρ
На следующем плавнике около хвоста	353 20	»	11 45	4	χ (99 H)

34 звезды: третьей величины 2, четвертой — 22, пятой — 3, шестой — 7

Не включенные в фигуру около Рыб

В четырехугольнике под передней рыбой предыдущая в северной стороне	324 30	Южные	2 40	4	27
Следующая за ней	325 35		2 30	4	29
Передняя на южной стороне	324 0		5 50	4	30
Задняя	325 40		5 30	4	33

Не включенные в фигуру 4, четвертой величины

Итак, всех звезд на зодиакальном поясе 346, а именно первой величины 5, второй — 9, третьей — 64, четвертой — 133, пятой — 105, шестой — 27, туманных — 3 и «Волоса», которые, как мы сказали выше,
76 Кононом-математиком были названы Волосами Вероники

Звезды, принадлежащие южному небу

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
		Кита			
На конце ноздрей	11 0	Южные	7 45	4	λ
На челюстях, задняя из трех	11 0		11 20	3	α
Средняя, по середине рта	6 0		11 30	3	γ
Передняя из трех на щеке	3 50		14 0	3	δ
На глазу	4 0		8 10	4	? (ν, ξ²)
На волосяном покрове, северная	5 30		6 20	4	? (ξ², μ)
Передняя на гриве	1 0		4 10	4	ξ²
Из четырех на груди северная из передних	355 20		24 30	4	ρ
Южная	356 40		28 0	4	σ
Северная из задних	0 0		25 10	4	ε
Южная	0 20		27 30	3	π
Из трех на теле, средняя	345 20		25 20	3	τ
Южная	346 20		30 30	4	υ
Северная из трех	348 20		20 0	3	ζ
К хвосту, задняя из двух	343 0		15 20	3	θ
Передняя	338 20		15 40	3	η
В четырехугольнике на хвосте, северная из задних	335 0		11 40	5	φ² (φ⁴, 21)
Южная	334 0		13 40	5	0. 198 (φ², φ³)
Из остальных двух передних северная	332 40		13 0	5	φ¹ (φ²)
Южная	332 20		14 0	5	0. 161 (φ¹, 18)
На северном конце хвоста	327 40		9 30	3	ι
На южном хвосте	329 0		20 20	3	β

22 звезды, из которых третьей величины 10, четвертой — 8, пятой — 4

		Ориона			
На голове, туманная	50 20	Южн.	16 30	Туманная	λ
На правом плече, блестящая, красноватая	55 20	»	17 0	1	α (Бетельгейзе)

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
На левом плече	43 40		17 30	2 больше	γ (Беллатрикс)
Следующая за ней	48 20		18 0	4 меньше	A
На правом локте	57 40		14 30	4	μ
На передней части правой руки	59 40		11 50	6	k
Из четырех на кисти правой руки, задняя из южных	59 50		10 40	4	ξ
Передняя	59 20		9 45	4	ν
На северной стороне задняя	60 40		8 15	6	f^2 (f^1)
Передняя той же стороны	59 0		8 15	6	f^1 (f^2)
На палице, передняя из двух	55 0		3 45	5	χ^1 (χ^2)
Задняя	57 40		3 15	5	χ^2 (χ^3)
Из четырех на спине по прямой линии задняя	50 50		19 40	4	ω
Вторая, предшествующая ей	49 40	Южные	20 0	6	n^2
Третья, предшествующая этой	48 40		20 20	6	n^1
Четвертая, им предшествующая	47 30		20 30	5	ψ^2 (25)
На щите, самая северная из девяти	43 50		8 0	4	y^2
Вторая	42 40		8 10	4	y^1
Третья	41 20		10 15	4	o^2 (g)
Четвертая	39 40		12 50	4	π^1
Пятая	38 30		14 15	4	π^2
Шестая	37 50		15 50	3	π^3 (π^1, π^4)
Седьмая	38 10		17 10	3	π^4 (π^5)
Восьмая	38 40		20 20	3	π^5
Последняя из них, самая южная	39 40		21 30	3	π^6
На перевязи [меча], передняя из трех блестящих	48 40		24 10	2	δ
Средняя	50 40		24 50	2	ε
Последняя из трех по прямой	52 40		25 30	2	ζ
На рукоятке меча	47 10		25 50	3	η
На мече, северная из трех	50 10		28 40	4	c (42, 45, υ)
Средняя	50 0		29 30	3	θ^1, θ^2

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Южная	50 20	Южные	29 50	3 меньше	ι
На конце меча, задняя из двух	51 0		30 30	4	d
Передняя	49 30		30 50	4	υ
Яркая на левой ступне, общая с Рекой	42 30		31 30	1	β (Ригель)
На левой голени	44 20		30 15	4 больше	τ
На левой ступне	46 40		31 10	4	e
На правом колене	53 30		33 30	3	ϰ

38 звезд: первой величины 2, второй — 4, третьей — 8, четвертой — 15, пятой — 3, шестой — 5 и туманная — 1

Реки Эридан

В начале Реки у левой ступни Ориона	41 40	Южные	31 50	4	λ
Самая северная в изгибе, у голени Ориона	42 10		28 15	4	β
За ней, задняя из двух	41 20		29 50	4	ψ
Передняя	38 0		28 15	4	ω
Из двух следующих задняя	36 30		25 15	4	μ
Передняя	33 30		25 20	4	ν
За ними, задняя из трех	29 40		26 0	4	ξ
Средняя	29 0		27 0	4	o^2 (d)
Передняя из трех	26 18		27 50	4	o^1
Через промежуток, из четырех задняя	20 20		32 50	3	γ
Предшествующая ей	18 0		31 0	4	π
Третья предшествующая	17 30		28 50	3	δ
Передняя из всех четырех	15 30		28 0	3	ε
[В следующем промежутке], точно так же из четырех задняя	10 30		25 30	3	ζ
Предшествующая ей	8 10		23 50	4	ρ^2, ρ^3
Предшествующая и этой	5 30		23 10	3	η ($\rho^?$)

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Самая передняя из четырех	3 50	Южные	23 15	4	? (σ, η)
Звезда на повороте Реки, касающаяся груди Кита	358 30		32 10	4	τ^1
Следующая за ней	359 10		34 50	4	τ^2
Из трех следующих передняя	2 10		38 30	4	τ^3
Средняя	7 10		38 10	4	τ^4
Задняя из трех	10 50		39 0	5	τ^5
В четырехугольнике, из двух передних северная	14 40		41 30	4	τ^6
Южная	14 50		42 30	4	τ^7
Задней стороны передняя	15 30		43 20	4	τ^8
Последняя из этих четырех	18 0		43 20	4	τ^9
Из двух сближенных к востоку северная	27 30		50 20	4	υ^6 (υ^1)
Более к югу	28 20		51 45	4	υ^7
На изгибе, задняя из двух	21 30		53 50	4	υ^5 (υ^3, d)
Передняя	19 10		53 10	4	υ^4
На последнем промежутке, из трех задняя	11 10		53 0	4	υ^3 (υ^5, υ^6, i)
Средняя	8 10		53 30	4	υ^2 (g)
Передняя из трех	5 10		52 0	4	υ^1 (υ^7, h)
77 Блестящая на конце Реки	353 30		53 30	1	? α

34 звезды: первой величины 1, третьей — 5, четвертой — 27, пятой — 1

Зайца

В четырехугольнике на ушах, северная из передних	43 0	Южные	35 0	5	ι
Южная	43 10		36 30	5	$\varkappa$
На задней стороне, северная	44 40		35 30	5	ν
Южная	44 40		36 40	5	λ
На подбородке	42 30		39 40	4 больше	μ
На конце передней левой лапы	39 30		45 15	4 »	ε
По середине тела	48 50		41 30	3	α
Под брюхом	48 10		44 20	3	β

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
На задних лапах, северная из двух	54 20	Южные	44 0	4	δ
Более южная	52 20		45 50	4	γ
На бедрах	53 20		38 20	4	ζ
На конце хвоста	56 0		38 10	4	η

12 звезд: третьей величины 2, четвертой — 6, пятой — 4

Пса — Большой пес

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
На морде блестящая, называемая Псом	71 0	Южные	39 10	1 величайшая	α (Сириус)
На ушах	73 0		35 0	4	θ
На голове	74 40		36 30	5	μ
Из двух на шее северная	76 40		37 45	4	γ
Южная	78 40		40 0	4	ι
На груди	73 50		42 30	5	π^1
Из двух на правом колене северная	69 30		41 15	5	ν^3
Южная	69 20		42 30	5	ν^2 (ν^1)
На конце передней ноги	64 20		41 20	3	β
Из двух на левом колене передняя	68 0		46 30	5	ξ^1
Задняя	69 30		45 50	5	ξ^2
Из двух на левом плече задняя	78 0		46 0	4	o^2
Предшествующая ей	75 0		47 0	5	o^1
На левом бедре	80 0		48 45	3 меньше	δ
Под животом между бедрами	77 0		51 30	3	ε
На сгибе правой ноги	76 20		55 10	4	κ
На конце той же ноги	77 0		55 40	3	ζ
На конце хвоста	85 30		50 30	3 меньше	η

18 звезд: первой величины 1, третьей — 5, четвертой — 5, пятой — 7

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Не вошедшие в фигуру около Пса					
К северу над головой Пса	72 50	Южные	25 15	4	22 (19) Monocerotis
Под задними ногами, из четырех по прямой линии южная	63 20		60 30	4	θ Columbae
Более северная	64 40		58 45	4	ϰ Columbae
Еще более северная	66 20		57 0	4	δ Columbae
Последняя, самая северная из этих четырех	67 30		56 0	4	λ Can. Maior.
Из трех стоящих как бы по прямой линии к западу передняя	50 20		55 30	4	μ Columbae
Средняя	53 40		57 40	4	λ Columbae
Последняя из трех	55 40		59 30	4	γ Columbae
Из двух блестящих под ними передняя	52 20		59 40	2	β Columbae
Предшествующая	49 20		57 40	2	α Columbae
Последняя, более южная, чем вышеупомянутые	45 30		59 30	4	ε Columbae

11 звезд: второй величины 2, четвертой — 9

Малого Пса, или Проциона

На шее	78 20	Южные	14 0	4	β
На бедре блестящая, а именно προκύων, или Малый Пес	82 30		16 10	1	α (Процион)

Из двух первой величины 1, четвертой — 1

Продолжение

78 Арго, или Корабля

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Из двух на конце Корабля передняя	93 40	Южные	42 40	5	*e*
Задняя	97 40		43 20	3	ρ Pup.
Из двух на корме северная	92 10		45 0	4	ξ Pup.
Та, что более к югу	92 10		46 0	4	
Предшествующая этим двум	88 40		45 30	4	
Блестящая, на середине щита	89 40		47 15	4	
Из трех под щитом передняя	88 40		49 45	4	
Задняя	92 40		49 50	4	3 Pup.
Средняя из трех	91 40		49 15	4	1 Pup.
На краю руля	97 20		49 50	4	
На киле кормы, северная из двух	87 20		53 0	4	
Южная	87 20		58 40	3	π Pup.
На палубе кормы, северная	93 30		55 30	5	*f* Pup.
На той же палубе, передняя из трех	95 30		58 30	5	d^1, d^2, d^3, Pup.
Средняя	96 40		57 15	4	*c* Pup.
Последняя	99 50		57 45	4	*b* Pup.
Следующая, блестящая на поперечной скамье	104 30		58 20	2	ζ Pup.
Передняя из двух темных под ней	101 30		60 0	5	*a* Pup.
Задняя	104 20		59 20	5	
Из двух следующих за вышеупомянутой блестящей передняя	106 30		56 40	5	h^1 Pup.
Задняя	107 40		57 0	5	h^2 Pup.
На щитках у основания мачты, северная из трех	119 0		51 30	4 больше	
Средняя	119 30		55 30	4 »	*d* Vel.
Южная из трех	117 20		57 10	4	*e* Vel.
Под ними из двух смежных северная	122 30		60 0	4	*a* Vel.
Более южная	122 20		61 15	4	*b* Vel.

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота (град мин)		Широта (град мин)	Величина	(Современное название)
Из двух по середине мачты южная	113 30	Южные	51 30	4	β Mali
Северная	112 40		49 0	4	α Mali
На вершине паруса, передняя из двух	111 20		43 20	4	γ Mali
Задняя	112 20		43 30	4	δ Mali
Под третьей, которая следует за щитом	98 30		54 30	2 меньше	λ Vel.
На отсеке палубы	100 50		51 15	2	ψ Vel.
На киле между веслами	95 0		63 0	4	σ Pup.
Темная, следующая за ней	102 20		64 30	6	
Блестящая, следующая за ней на палубе	113 20		63 50	2	γ Vel.
Блестящая, более к югу от нее, под килем	121 50		69 40	2	χ Carinae
Из трех следующих за ней передняя	128 30		65 40	3	o Pup.
Средняя	134 40		65 50	3	δ Vel.
Задняя	139 20		65 50	2	*f* Car.
Из двух следующих у отсека передняя	144 20		62 50	3	κ Vel.
Задняя	151 20		62 15	3	*N* Vel.
На северном переднем кормиле, предшествующая	57 20		65 50	4 больше	η Colombae
Следующая за ней	73 30		65 40	3 »	ν Pup.
Передняя на втором кормиле, Канопус	70 30		75 0	1	α Argus
Остающаяся, следующая за ней	82 20		71 50	3 больше	τ Pup.

45 звезд: первой величины 1, второй — 6, третьей — 8, четвертой — 22, пятой — 7, шестой — 1

Гидры

Из пяти звезд на голове южная из двух передних на ноздрях	97 20	Южные	15 0	4	σ
Северная из двух на глазу	98 40		13 40	4	δ

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Из двух следующих северная на черепе	99 0	Южные	11 30	4	ε
Южная из них, в зеве	98 50		14 45	4	η
Следующая за всеми ими, на щеке	100 50		12 15	4	ζ
Передняя из двух в начале шеи	103 40		11 50	5	ω
Задняя	106 40		13 30	4	θ
Средняя из трех на изгибе шеи	111 40		15 20	4	τ^2
Следующая за ней	114 0		14 50	4	ι
Самая южная	111 40		17 10	4	τ^1
Из двух смежных к югу более темная, северная	112 30		19 45	6	*LL* 18657 (28, 29)
Задняя из них, светлая, южная	113 20		20 30	2	α (Альфард)
Передняя из трех после изгиба шеи	119 20		26 30	4	ϰ (υ^1)
Задняя	124 30		23 15	4	υ^1 (υ^2)
Средняя из них	122 0		26 0	4	υ^2 (λ^2)
Из трех по прямой линии передняя	131 20		24 30	3	μ
Средняя	133 20		23 0	4	φ (2 Crat.)
Задняя	136 20		23 10	3	ν (4 Crat.)
Под основанием чаши северная из двух	144 50		25 45	4	11 (β Crat.)
Южная	145 40		30 10	4	χ^1 (9 Crat.)
За ними в треугольнике передняя	155 30		31 20	4	ξ (19 Crat.)
Южная из них	157 50		34 10	4	o (25 Crat.)
Задняя из этих трех	159 30		31 40	3	β (28 Crat.)
За Вороном, близка к хвосту	173 20		13 30	4	γ
На самом конце хвоста	186 50		17 30	4	π

25 звезд: второй величины 1, третьей — 3, четвертой — 19, пятой — 1, шестой — 1

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Около Гидры не вошедшие в фигуру					
На юге от головы	96 0	Южные	23 15	3	30 Monocer.
Следующая за теми, которые на шее	124 20	Южные	26 0	3	α (δ) Sextanti

Не вошедших в фигуру 2 — третьей величины

Чаши

В основании Чаши, общая с Гидрой	139 40	Южные	23 0	4	α
На середине Чаши, южная из двух	146 0	Южные	19 30	4	γ
Северная из них	143 30	Южные	18 0	4	δ
На южной окружности края	150 20	Южные	18 30	4 больше	ζ (η)
На северной окружности	142 40	Южные	13 40	4	ε (θ)
На южной ручке	152 30	Южные	16 30	4 меньше	η (ζ)
На северной ручке	145 0	Южные	11 50	4	θ (ε)

Семь звезд четвертой величины

Ворона

На клюве, общая с Гидрой	158 40	Южные	21 30	3	α
На шее	157 40	Южные	19 40	3	ε
На груди	160 0	Южные	18 10	5	ζ
На переднем (правом) крыле	160 50	Южные	14 50	3	γ
На заднем крыле, передняя из двух	160 0	Южные	12 30	3	δ
Задняя	161 20	Южные	11 45	4	η
На конце лапы, общая с Гидрой	163 50	Южные	18 10	3	β

Из 7 звезд третьей величины 5, четвертой — 1, пятой — 1

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Кентавра					
Из четырех на голове самая южная	183 50	Южные	21 20	5	g
Та, что более к северу	183 20		13 50	5	h
Из двух средних передняя	182 30		20 30	5	i
Задняя, последняя из четырех	183 20		20 0	5	k
На левом (переднем) плече	179 30		25 30	3	ι
На правом плече	189 0		22 30	3	θ
На левой лопатке	182 30		17 30	4	d (ψ)
Из четырех на щите, северная из двух передних	191 30		22 30	4	ψ (l)
Южная	192 30		23 45	4	a (o)
Из двух остальных та, которая на вершине щита	195 20		18 15	4	c^1 (π)
Та, что более к югу	196 50		20 50	4	b (ρ)
Передняя из трех на правом боку	186 40		28 20	4	ν (τ)
Средняя	187 20		29 20	4	μ (υ)
Задняя	188 30		28 0	4	φ
На правой руке	189 40		26 30	4	χ (m)
На правом локте	196 10		25 15	3	η ($\varkappa$)
На кисти правой руки	200 50		24 0	4	$\varkappa$ (σ)
В начале человеческого тела, блестящая	191 20		33 30	3	ζ (λ)
Задняя из двух темных	191 0		31 0	5	υ^2 (n)
Передняя	189 50		30 20	5	υ^1 (x)
В начале спины	185 30		33 50	5	ω
Предшествующая ей, на спине лошади	182 20		37 30	5	f (o)
В чреслах, задняя из трех	179 10		40 0	3	γ (μ)
Средняя	178 20		40 20	4	τ (c)
Передняя из трех	176 0		41 0	5	σ (p)
На правом бедре, передняя из двух смежных	176 0		46 10	2	δ (β)
Задняя	176 40		46 45	4	ρ (e)

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
На груди, под крылом лошади	191 40	Южные	40 45	4	*M* (δ)
Под брюхом, передняя из двух	179 50		43 0	2	ε
Задняя	181 0		43 45	3	*Q*
На сгибе задней правой ноги	183 20		51 10	2	γ Crucis (ν)
На икре той же ноги	188 40		51 40	2	β Crucis (ξ)
На сгибе левой ноги	188 40		55 10	4	δ Crucis (*f*)
На ней же, на копыте	184 30		55 40	4	α Crucis (ζ)
На конце передней правой ноги	181 40		41 10	1	α Centauri
На левом колене	197 30		45 20	2	β Cent. (γ)
Не вошедшая в фигуру, под правым бедром	188 0		49 10	3	μ Crucis (ε)

37 звезд: первой величины 1, второй — 5, третьей — 7, четвертой — 15, пятой — 9

Зверя, которого держит Кентавр — Волк

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
На конце задней лапы, у руки Кентавра	201 20	Южные	24 50	3	β (о)
На сгибе той же лапы	199 10		20 10	3	α
На верхней части лапы, передняя из двух	204 20		21 15	4	δ (ζ)
Задняя	207 30		21 0	4	γ (η)
На середине туловища	206 20		25 10	4	ε (θ)
На брюхе	203 30		27 0	5	λ (π)
На бедре	204 10		29 0	5	π (β)
У начала бедра, северная из двух	208 0		28 30	5	μ (ξ)
Южная	207 0		30 0	5	κ (ρ)
На конце чресел	208 40		33 10	5	ζ (σ)
Из трех на конце хвоста южная	195 20		31 20	5	? ρ (τ)
Средняя	195 10		30 0	4	ι

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Северная из трех	196 20	Южные	29 20	4	τ^1, τ^2 ($\varkappa$)
Из двух на горле южная	212 10		17 0	4	η (ν)
Северная	212 40		15 20	4	θ (μ)
Из двух в пасти передняя	209 0		13 30	4	χ
Задняя	210 0		12 50	4	ξ
Из двух на передней лапе более южная	240 40		11 30	4	i
Та, что более к северу	239 50		10 0	4	f

19 звезд: третьей величины 2, четвертой — 11, пятой — 6

Лара, или Жертвенника

Из двух на основании северная	231 0	Южные	22 40	5	σ
Южная	233 40		25 45	4	θ
На середине Жертвенника	229 30		26 30	4	α
Северная из трех на очажке	224 0		30 20	5	ε^1
Южная из остальных двух смежных	228 30		34 10	4	γ
Северная	228 20		33 20	4	β
На середине пламени	224 20		34 10	4	ζ

7 звезд: четвертой величины 5, пятой — 2

Южной Короны

Внешняя, предшествующая южной окружности	242 30	Южные	21 30	4	δ^1, δ^2 (α) Telesc.
Следующая за ней на короне	245 0		21 0	5	η^1, η^2
Следующая за этой	246 30		20 20	5	Lac. 7909
Которая следует за предыдущей	248 10		20 0	4	ζ
За этой, перед коленом Стрельца	249 30		18 30	5	δ
Севернее, на колене светлая	250 40		17 10	4	β
Более северная	250 10		16 0	4	α

Продолжение

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Еще более к северу	249 50	Южные	15 20	4	γ
На северной окружности из двух задняя	248 30		15 50	6	ε
Передняя	248 0		14 50	6	ν
Стоящая перед ними на некотором промежутке	245 10		14 40	5	λ
Предшествующая и этой	243 0		15 50	5	Lac. 7748
Последняя, более к югу	242 30		18 30	5	θ

13 звезд: четвертой величины 5, пятой — 6, шестой — 2

Южной Рыбы

Во рту, та же, что крайняя звезда Воды	300 20	Южные	23 0	1	α
Из трех на голове передняя	294 0		21 20	4	β
Средняя	297 30		22 15	4	γ
Задняя	299 0		22 30	4	δ
Та, что у жабр	297 40		16 15	4	ε
На южном спинном плавнике	288 30		19 30	5	μ
На брюхе, задняя из двух	294 30		15 10	5	ζ
Передняя	292 10		14 30	4	λ
На северном плавнике задняя из трех	288 30		15 15	4	η
Средняя	285 20		16 30	4	θ
Передняя из трех	284 20		18 10	4	ι
На конце хвоста	289 20		22 15	4	γ Gruis

Кроме первой, 11 звезд, из которых четвертой величины 9, пятой — 2

Не включенные в фигуру около Южной Рыбы

Передняя из блестящих, стоящих перед Рыбой	271 20	Южные	22 20	3	α Microsc.
Средняя	274 30		22 10	3	γ Microsc.
Задняя из трех	277 20		21 0	3	ε Microsc.
Темная, предшествующая этой	275 20		20 50	5	? δ Microsc.

Окончание

Место звезды в фигуре	Долгота град мин		Широта град мин	Величина	(Современное название)
Из остальных к северу более южная	277 10	Южные	16 0	4	? α Gruis
Та, что более к северу	277 10		14 50	4	? ι Gruis

6 звезд, из которых третьей величины 3, четвертой — 2, пятой — 1

На рассмотренной южной части неба 316 звезд, из которых первой величины 7, второй — 18, третьей — 60, четвертой — 167, пятой — 54, шестой — 9, туманная — 1. Итак, всех вместе звезд 1022, из которых первой величины 15, второй — 45, третьей — 208, четвертой — 474, пя-
79 той — 216, шестой — 50, темных — 9, туманных — 5.

КНИГА ТРЕТЬЯ

Глава I

О предварении равноденствий и солнцестояний

После описания видимого расположения неподвижных звезд нам следует перейти к тому, что касается годичного вращения. Поэтому мы прежде всего будем говорить о перемещении точек равноденствий, вследствие чего полагают, что движутся также и неподвижные звезды; [при этом мы всегда должны помнить, что получающимся в движении Земли кругам и полюсам соответствуют такие же круги и на небе, как мы часто говорили;
1 с ними мы будем иметь дело и здесь].

Мы находим, что древние математики не отличали тропического, или естественного, года, который отсчитывается от равноденствия или солнцестояния, от года, который определяется по отношению к какой-нибудь из неподвижных звезд. Поэтому олимпийские года, которые начинались с восхода Малого Пса, они считали тождественными с теми, которые определялись от солнцестояния, не зная еще разницы между обоими этими годами.

Но Гиппарх Родосский, муж удивительной остроты ума, первый заметил, что они отличаются друг от друга. Определяя более тщательно из наблюдений величину года, он нашел, что год, отнесенный к неподвижным звездам, больше года, отнесенного к равноденствиям или солнцестояниям. Поэтому он предположил, что и неподвижные звезды имеют некоторое движение в направлении последовательности знаков, но очень медленное и не сразу заметное. Однако с течением времени оно обнаружилось уже совершенно ясно, так что восход и заход знаков зодиака и звезд мы видим значительно отличающимися от предсказанных древними, и двенадцатые доли зодиакального круга на достаточно большое расстояние отошли от неподвижных звезд, связанных с этими знаками, первоначально же они совпадали и по названию и по положению.

Кроме того, само это движение оказывается неравномерным. Желающие объяснить причины этой неравномерности приводили различные мнения. Одни полагали, что у висящего в пространстве мира есть некоторое колебательное движение, какое мы замечаем и в движении планет по широте. Когда соответствующее перемещение дойдет в обоих направлениях до некоторого предела, то оно, по их мнению, должно со временем пойти обратно, причем наибольшее отклонение в ту или другую сторону от среднего

положения составляет не более 8 градусов. Но это уже устаревшее мнение не могло удержаться главным образом потому, что вполне достаточно выяснилось, что голова созвездия Овна более чем на трижды восемь градусов отошла от точки весеннего равноденствия, равно как и другие звезды, причем в течение стольких веков не было замечено ни малейшего следа возвращения назад.

Другие высказывали мнение, что сфера неподвижных звезд движется вперед, но неравномерно, однако не определили никакой точной меры для этого. К этому присоединилось еще другое удивительное явление природы, что наклонность зодиака не представляется нам такой по величине, какой она была до Птолемея, о чем мы сказали выше.

Для объяснения этого некие придумали девятую и даже десятую сферу, которые, по их мнению, производили это, однако и так они не смогли добиться чего хотели. Уже начала появляться на свет даже одиннадцатая сфе- 3
ра; это число кругов, как излишнее, мы легко опровергнем движением Земли. Действительно, как отчасти уже было изложено нами в первой книге, оба вращения, а именно годовое деклинационное и центра Земли, не являются совершенно одинаковыми, но, как видно, возвращение наклона оси в первоначальное положение немного опережает период движения центра. Отсюда необходимо следует, что равноденствия и солнцевороты кажутся наступающими несколько раньше не потому, что в направлении последовательности знаков движется сфера неподвижных звезд, а скорее потому, что против последовательности знаков движется равноденственный круг, стоящий наклонно к плоскости зодиака в соответствии с мерой отклонения оси земного шара. Ведь гораздо сообразнее сказать, что равноденственный круг стоит наклонно к зодиаку, чем зодиак к равноденственному, как меньший по отношению к большему.

Действительно, зодиакальный круг, описываемый в течение годичного обращения прямой, равной расстоянию между Солнцем и Землей, гораздо больше равноденственного, который, как сказано, описывается ежедневным вращением около земной оси. И, таким образом, эти равноденственные точки сечения со всей наклонной плоскостью зодиака с течением времени кажутся идущими навстречу, а звезды — отстающими от них. Но мера этого движения и сущность его неравномерности не были замечены древними по той причине, что и в настоящее время неизвестна продолжительность возвращения вследствие неуловимой медленности этого движения. По истечении стольких веков, с тех пор как оно впервые было замечено людьми, еле была пройдена пятнадцатая часть окружности. Тем не менее по мере наших сил постараемся получить более точные данные на основании того, что мы об этом нашли из истории наблюдений вплоть до нашего времени.

Глава II

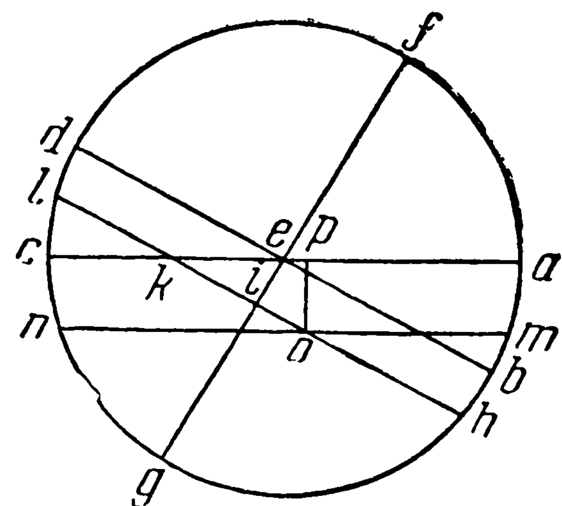
История наблюдений, доказывающих неравномерность предварения равноденствий и солнцеворотов

4 Итак, в первом из 76-летних периодов Калиппа, в 36 году его, то есть в 30 году после смерти Александра Великого, александриец Тимохар, первый позаботившийся об определениях положений неподвижных звезд, указал, что Колос, который держит Дева, отстоял от точки солнцестояния на 82 градуса с третью, имея южную широту 2 градуса, а звезда во лбу Скорпиона, самая северная из трех и первая из образующих этот знак, имела широту 1 градус с третью, а долготу 32 градуса от осеннего равноденствия. Затем в 48 году того же периода он нашел, что Колос Девы отстоит по долготе на $82^{1}/_{2}$ градуса от точки летнего солнцестояния при той же самой широте. А Гиппарх в 50 году третьего Калиппова периода, или в 196 году по смерти Александра, нашел, что звезда в груди Льва, называемая Регулом, следует за летним солнцестоянием на расстоянии $29^{1}/_{2}$ и одной трети градуса. Далее Менелай, римский геометр, в первом году правления Траяна, то есть в 99-м от рождества Христова и 422-м по смерти Александра, указал, что Колос Девы отстоит по долготе от солнцестояния на 86 градусов с четвертью, а звезда во лбу Скорпиона — на 36 градусов без двенадцатой части от осеннего равноденствия. Следом за ними Птолемей, как передают, во втором году Антонина Пия, то есть в 462-м после смерти Александра, определил, что Регул Льва отстоит на $32^{1}/_{2}$ градуса от «летнего» солнцестояния, Колос — на $86^{1}/_{2}$ градуса, а упомянутая звезда во лбу Скорпиона — на 36 с третью градуса долготы от осеннего равноденствия при совершенно неизменной широте, как и указано выше в каталоге. И все это мы отметили, как было ими передано.

Затем через большой промежуток времени, а именно на 1202 году после кончины Александра, последовало наблюдение Альбатегния Аратского, к которому надлежит относиться с наибольшим доверием. Оказалось, что в этом году Регул, или Василиск Льва, дошел до 44 градусов 5 минут от солнцестояния, а звезда во лбу Скорпиона — до 47 градусов 50 минут от осеннего равноденствия, причем у всех них широта каждой осталась той же самой, так что в этом отношении больше уже не было никаких сомнений.

Вследствие этого и мы в 1525 году от рождества Христова в первом году после високосного по римской системе, который был 1849 египетским годом после смерти Александра, наблюдали часто упоминавшуюся Спику во Фрауенбурге в Пруссии, и наибольшая ее высота по меридианному кругу оказалась приблизительно 27 градусов. Широту места наблюдения мы нашли равной 54 градусам $19^{1}/_{2}$ минуты. На основании этого склонение ее по отношению к равноденственному кругу определилось равным 8 градусам 40 минутам, откуда и было найдено ее положение, как следует ниже.

Мы описали меридианный круг через полюсы равноденственного и зодиакального. Пусть он будет *abcd*, а общие сечения и диаметры равноденственного и зодиакального кругов соответственно *aec* и *bed*; северный полюс зодиака будет *f*, а ось — *feg*, и пусть *b* будет начало Козерога, а *d* — Рака. Возьмем дугу *bh*, равную южной широте звезды, то есть двум градусам. От точки *h* параллельно *bd* проведем *hl*, которая пересечет ось зодиака в *i*, а равноденственный круг в *k*. Затем в соответствии с южным склонением звезды берем дугу *ma* 8 градусов 40 минут и из точки *m* параллельно *ac*, проводим *mn*, пересекающую параллель *hil* зодиака; пусть она пересечет ее в точке *o*. Проведенная под прямым углом линия *op* будет равна половине хорды, стягивающей удвоенную дугу *am* склонения. Но круги, диаметры которых суть *fg*, *hl* и *mn*, перпендикулярны к плоскости *abcd*, и на основании 19-го предложения одиннадцатой книги «Начал» Евклида их общие линии сечения будут тоже перпендикулярны к этой же плоскости в точках *o*, *i*; на основании шестого предположения той же книги они будут взаимно параллельны. И так как *i* есть центр круга, диаметр которого *hl*, то, значит, *oi* равна половине хорды, стягивающей в круге диаметра *hl* двойную дугу, подобную той, на которую рассматриваемая звезда отстоит по долготе от начала Весов, что мы и ищем.



Находится она таким образом. Углы *okp* и *aeb* равны, как внешний и внутренний углы ⟨из соответственных⟩, а *opk* прямой. Поэтому одно и то же отношение будет у *op* к *ok*, у полухорды удвоенной дуги *ab* к *be* и у полухорды удвоенной *ah* к *hik*; они действительно заключаются в треугольниках, подобных *opk*. Но *ab* равна 23 градусам $28^1/_2$ минутам, полухорда удвоенной ее дуги равна 39 832 таким частям, каких в *be* содержится 100 000; дуга *abh* равна 25 градусам $28^1/_2$ минуты, а полухорда ее удвоенной составляет 43 010 таких же частей; наконец, *ma* есть полухорда удвоенного склонения, равная 15 069 частям. Из этого следует, что вся *hik* равна 107 978 частям, а *ok* — 37 831 части, и остаток *ho* — 70 147. Но удвоенная *hoi* стягивает отрезок *hgl* круга в 176 градусов; значит, *hoi* равняется 99 939 таким частям, каких в *be* содержится 100 000, и остаток *oi* равен 29 892 частям. Поскольку *hoi* есть половина диаметра, или 100 000 частей, то *oi* составит 29 810 таких же частей, чему приблизительно соответствует дуга 17 градусов 21 минута. На эту величину отстояла Спика Девы от начала Весов, и таково было положение этой звезды.

За десять лет перед этим, именно в 1515 году, мы нашли ее склонение равным 8 градусам 36 минутам, а положение на 17 градусах 14 минутах Весов. Птолемей же писал, что ее склонение равно по меньшей мере поло-

вине одного градуса. Следовательно, ее положение было на 26 градусах 40 минутах Девы, что представляется более истинным по сравнению с предшествующими наблюдениями.

Отсюда достаточно ясно видно, что почти за все время от Тимохара до Птолемея, а именно за 432 года, точки равноденствий и солнцеворотов перемещались прецессионным движением большей частью на один градус в сто лет, если взять отношение времени к пройденной ими долготе, которая в целом составляла 4 градуса с третью. Действительно, если относить положение летнего солнцеворота к Регулу Льва, то от Гиппарха до Птолемея за 266 лет были пройдены 2 градуса с двумя третями. Так что и здесь, если взять отношение к протекшему времени, оказывается,что в течение ста лет предварение составляло один градус. Далее, для первой звезды во лбу Скорпиона наблюденное Альбатегнием положение по сравнению с Менелаевым показывает, что поскольку за промежуток времени в 782 года перемещение равнялось 11 градусам 55 минутам, то перемещению в один градус, по-видимому, нужно приписать не сотню лет, а только 66, а от Птолемея за 741 год одному градусу соответствовали только 65 лет. Следовательно, если остальной промежуток времени 645 лет отнести к разности 9 градусов 11 минут по нашим наблюдениям, то один градус получит 71 год. Из этого ясно, что в течение 400 лет перед Птолемеем предварение равноденствий было более медленным, чем от Птолемея до Альбатегния, а в этот промежуток оно было более быстрым, чем от Альбатегния до нашего времени.

Точно так же замечается различие и в изменении наклонности эклиптики. Действительно, Аристарх Самосский определял наклон зодиака к равноденственному кругу в 23 градуса 51 минуту 20 секунд, так же как и Птолемей, Альбатегний — в 23 градуса 36 минут, Арзахель Испанский через 190 лет после него — в 23 градуса 34 минуты; точно так же через 230 лет
6 Профаций Иудей нашел ее меньшей почти на две минуты. В наше же время наклонность не оказывается большей 23 градусов $28^1/_2$ минуты, так что и отсюда становится ясным, что самое медленное ее изменение было от Аристарха до Птолемея, а самое быстрое — от Птолемея до Альбатегния.

Глава III

Предположения, которыми можно объяснить изменение равноденствий и наклонности зодиака к равноденственному кругу

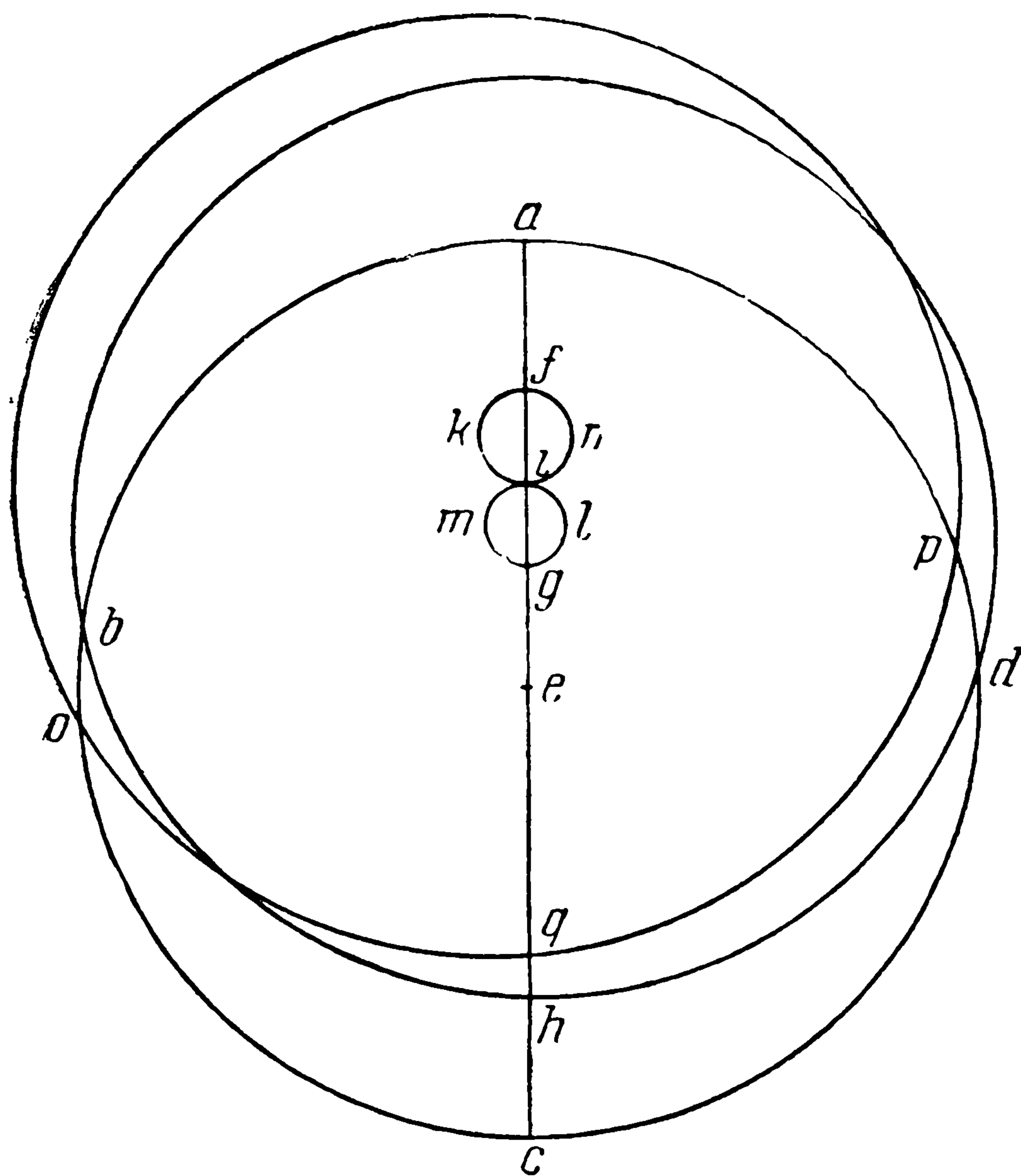
Итак, из приведенного очевидно, что точки равноденствия и солнцестояния перемещаются неравномерным движением. Этому, пожалуй, никто не сможет привести лучшей причины, как некоторое отклонение в движении оси Земли и полюсов равноденственного круга. Действительно, это вытека-

ет из предположения о движении Земли, поскольку очевидно, что круг, проходящий через середины знаков зодиака, остается все время неизменным (о чем свидетельствует постоянность широт неподвижных звезд), а равноденственный круг перемещается. Если бы движение земной оси в точности совпадало с движением ее центра, то (как мы сказали) не обнаружилось бы никакого предварения равноденствий и солнцестояний; если же они отличаются друг от друга, и притом на разность, не остающуюся одинаковой, то необходимо, чтобы также равноденствия и солнцестояния предшествовали положениям неподвижных звезд в неравномерном движении. То же самое происходит и в движении по склонению, которое также неравномерно изменяет наклонность зодиака, хотя в этом случае было бы правильнее говорить о наклонности равноденственного круга.

По этой причине следует принимать всего два движения полюсов взад и вперед, подобных колебаниям подвешенных тел, так как полюсы и круги на сфере взаимно связаны и друг с другом согласованы. Одно движение будет изменять наклон этих кругов, причем полюсы движутся вверх и вниз по отношению к углу сечения, а другое в ту или другую сторону увеличивает и уменьшает прецессии солнцестояний и равноденствий в получившемся поперечном движении. Эти движения мы называем либрациями, вследствие того что, наподобие движений подвешенных тел между двумя пределами, они, двигаясь по одному пути, бывают более быстрыми в середине и самыми медленными на концах. Как мы в свое время увидим, то же большей частью происходит и в движениях планет по широте. Эти движения отличаются также и своими периодами; так, неравномерность равноденствий возвращается дважды за время одного возвращения наклонности. Подобно тому, как во всяком видимом неравномерном движении надлежит рассматривать некоторое среднее, при помощи которого можно определить степень неравномерности, так и в данном случае необходимо будет мыслить о средних полюсах, среднем равноденственном круге и средних равноденственных сечениях и точках солнцеворота. Полюсы и земной равноденственный круг, отклоняясь в ту или другую сторону от средних положений в определенных, однако, границах, заставляют эти равномерные движения казаться неравномерными. Итак, обе действующие совместно либрации делают то, что полюса Земли с течением времени описывают некоторые линии, похожие на загнутый во внутрь венчик.

А так как это нелегко достаточно хорошо объяснить словами, тем более 7
что, как я боюсь, и на слух воспринимается хуже, если не видят глаза, то опишем на сфере зодиакальный круг $abcd$. Пусть e будет северный его полюс, a — начало Козерога, c — Рака, b — Овна, d — Весов. Через точки a, c и полюс e проведем круг aec; пусть наибольшее расстояние между северными полюсами зодиака и равноденственного круга будет ef, а наименьшее eg; посередине в точке i пусть будет полюс, вокруг которого описывается равноденственный круг bhd; назовем его средним, а точки b, d —

средними равноденствиями. Пусть это движется вокруг полюса *e* все время равномерным движением к предшествующим, то есть против порядка расположения знаков зодиака на сфере неподвижных звезд, причем движение это, как сказано, должно быть медленным. Теперь представим два движения — взад и вперед земных полюсов, подобные движениям подвешенных тел; пусть одно происходит между границами *f*, *g* (назовем его движением аномалии, то есть неравномерности наклона), другое же поперечное от предшествующих к последующим и от последующих к предшествующим, которое мы назовем движением аномалии равноденствий, совершающимся вдвое быстрее первого. Оба эти движения, складываясь в полюсах Земли, будут удивительным образом отклонять их.



Действительно, если сначала северный полюс Земли находится в *f*, то описанный около него равноденственный круг пройдет через те же самые точки *b*, *d*, то есть через полюсы круга *afec*, но даст большие углы наклона в соответствии с величиной дуги *fi*. Пусть от этой начальной точки полюс Земли пойдет к *i*— точке, соответствующей среднему наклону. Второе добавляющееся движение не позволит ему двигаться по прямой *fi*, но поведет его обходом в направлении последовательности знаков через точку *k*, соответствующую наибольшему удалению в направлении последовательности знаков. У описанного из этой точки видимого равноденственного круга *oqp* сечение будет уже не в *b*, а в лежащей за ней точке *o*, и прецессия равноденствий уменьшается на величину, соответствующую *bo*. Повернувшийся отсюда полюс, движущийся против последовательности знаков, приводится обоими одновременно участвующими движениями в среднюю точку *i*, и видимый равноденственный круг во всех точках соединится с постоянным или средним. Выходя, земной полюс переселяется в область предшествующих знаков, отделяет видимый равноденственный круг от среднего и увеличивает прецессию равноденствий вплоть до второго предела *l*. Затем, возвращаясь, он отнимает от равноденствий то, что только прибавил им, пока,

дойдя до точки g, не сделает наименьшей наклонность при том же самом сечении в b, где снова движение равноденствий и солнцестояний будет казаться наиболее медленным, приблизительно таким же, как в f.

В этот момент ясно, что аномалия равноденствий уже совершила полный свой оборот, так как, двигаясь из середины, прошла каждое из крайних значений; но движение наклона от наибольшей величины к наименьшей совершило только половину своего оборота. Отсюда полюс, продолжая двигаться в направлении последовательности знаков, доходит до крайней границы в m, а затем, возвращаясь, соединяется со средним положением i и, обращаясь снова против последовательности и пройдя через предел n, завершает, наконец, изогнутую линию $fkilgminf$, о которой мы говорили. Таким образом, ясно, что за время одного оборота по наклонности полюс Земли дважды достигает предела со стороны предшествующих и дважды — предела со стороны последующих знаков зодиака.

Глава IV

О том, каким образом колебательное, или либрационное, движение составляется из круговых

Мы скоро покажем, что описанное движение согласуется с явлениями. Между прочим, кто-нибудь спросит, как можно понимать равномерность этих либраций, ибо с самого начала было сказано, что небесное движение является равномерным или сложенным из равномерных и круговых. Но здесь два движения сливаются в одно, совершающееся между двумя границами, где необходимо должна получаться остановка. Однако мы должны признаться, что эти движения тоже будут двойными и состоят из равномерных, что можно показать таким образом.

Пусть будет прямая ab, которая делится в точках c, d, e на четыре части. Опишем около d концентрические круги adb и cde, находящиеся в одной плоскости. На окружности малого круга берем где-нибудь точку f и из этого центра f радиусом fd описываем круг ghd, который пересечет прямую линию ab в точке h; затем проводим диаметр dfg. Требуется доказать, что в 8
результате соучастия двух движений кругов ghd и cfe движущаяся точка h будет двигаться взад и вперед в обе стороны по прямой ab. Это получится, если мы представим себе, что h движется в противоположном направлении и вдвое быстрее, чем f, так как один и тот же угол cdf в центре круга cfe, опирающийся на дугу круга ghd, отсекает две дуги равных кругов, а именно fc и вдвое ее большую дугу gh. Предположим, что в некоторый момент времени при соединении прямых линий acd и dfg движущаяся точка h находилась в g, совпадавшей с a, а точка f — в c. Теперь двинем центр f вправо по дуге fc, а h — влево по дуге gh, вдвое большей cf, или обратно. Тогда h

отклонится к линии *ab*, в противном случае произошло бы, что часть больше своего целого; полагаю, что это легко понять. Итак, точка *h* отошла от своего первоначального места на длину *ah*, влекомая ломаной линией *dfh*, равной *ad*, и перемещение равно длине, на которую диаметр *dfg* превосходит хорду *dh*. И таким образом, *h* дойдет до центра *d*, что случится, когда круг *dhg* будет касательным к прямой *ab*, а прямая *gd* станет под прямым углом к *ab*; затем *h* достигнет другой границы *b*, откуда таким же образом
9 вернется назад. [При этом нужно заметить, что если при прочих одинаковых условиях круги *hg* и *cf* не будут равны, то точка *h* опишет не прямую линию, а коническое или цилиндрическое сечение, которое математики называют эллипсом; но об этом в ином месте]. Итак, ясно, что из двух круговых движений, направленных указанным образом навстречу друг другу, складывается движение по прямой линии и из двух равномерных получается колебательное и неравномерное, что и требовалось доказать.

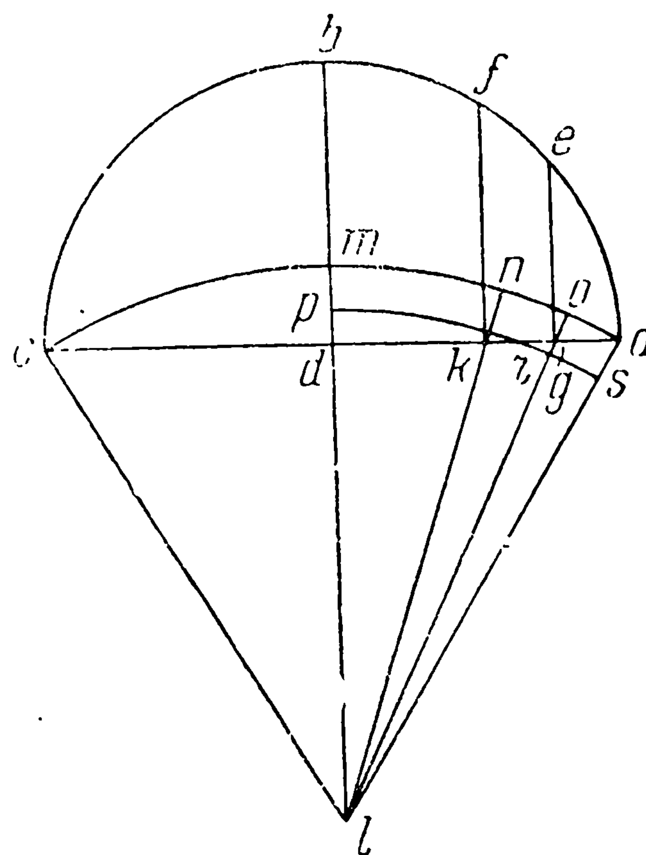
10 Из этого также следует, что прямая линия *gh* будет все время под прямым углом к *ab*, ибо прямые *gh*, *dg* заключают прямой угол в полукруге. Кроме того, *gh* будет половиной хорды, стягивающей удвоенную дугу *ag*, а *dh* — другой половиной хорды, стягивающей дугу, представляющую удвоенную разность между *ag* и четвертью окружности, вследствие того, что круг *agb* по диаметру будет вдвое больше круга *hgd*.

Глава V

Доказательство неравномерности движений, предваряющих равноденствия и изменяющих наклон

По указанной причине описанное выше движение некоторые называют круговым движением по широте, то есть по диаметру. Его период и равномерность определяют движением по окружности, а размеры ⟨отклонений⟩ — по хордам. Легко доказывается, что вследствие этого само движение кажется неравномерным, а именно более быстрым у центра и более медленным у окружности.

Действительно, пусть будет полукруг *abc*, центр его *d* и диаметр *adc*. Разделим его пополам в точке *b*, затем возьмем равные дуги *ae* и *bf* и из точек *f*, *e* опустим перпендикуляры *eg*, *fk* на прямую *adc*. Так как удвоенная *dk* стягивает удвоенную дугу *bf*, а удвоенная *eg* — удвоенную дугу *ae*, то, значит, *dk* и *eg* равны. Но на основании седьмого предложения третьей книги «Начал» Евклида *ag* менее *ge*, также будет менее и *dk*. Вследст- 11
вие равенства дуг *ae* и *bf* отрезки *ga* и *kd* проходятся в одинаковое время. Следовательно, движение у окружности в *a* будет более медленным, чем у центра *d*.



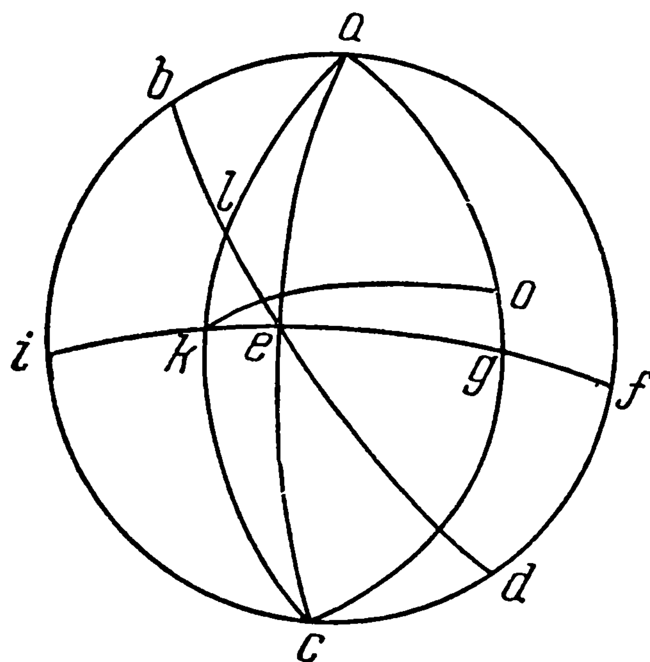
Доказав это, возьмем центр Земли в *l* так, чтобы прямая *dl* была под прямым углом к плоскости полукруга *abc*. Через точки *a*, *c* опишем из центра *l* дугу окружности *amc* и проведем прямую *ldm*. Тогда в *m* будет полюс полукруга *abc*, а *adc* представит общее сечение кругов. Проведем соединительные прямые *la*, *lc*, а также *lk* и *lg*; их продолжения по прямой пересекут дугу *amc* в точках *n*, *o*. Поскольку угол *ldk* прямой, то *lkd* будет острым. Поэтому линия *lk* будет длиннее *ld*, и в тупоугольных треугольниках сторона *lg* будет и подавно больше стороны *lk*, а *la* больше *lg*.

Значит, описанный из центра *l* радиусом *lk* круг пройдет вне линии *ld*, но пересечет остальные прямые *lg* и *la*; опишем его и пусть он будет *pkrs*. Так как треугольник *ldk* меньше сектора *lpk*, а треугольник *lga* больше сектора *lrs*, то вследствие этого отношение треугольника *ldk* к сектору *lpk* будет меньше, чем отношение треугольника *lga* к сектору *lrs*; также после перестановки треугольник *ldk* к треугольнику *lga* будет находиться в меньшем отношении, чем сектор *lpk* к сектору *lrs*. По первому предложению шестой книги «Начал» Евклида как треугольник *ldk* к треугольнику *lga*, так будет и основание *dk* к основанию *ag*. Но отношение одного сектора к другому равно отношению угла *dlk* к углу *rls* или дуги *mn* к дуге *oa*. Следовательно, *dk* к *ga* будет находиться в меньшем отношении, чем *mn* к *oa*. Мы уже доказали, что *dk* больше, чем *ga*; значит, и подавно *mn* будет более *oa*. Эти же дуги считаются описанными через полюсы Земли в равное время в соответствии с равными дугами *ae* и *bf* аномалии, что и требовалось 12
доказать.

Однако поскольку разница между наибольшей и наименьшей наклонностями настолько мала, что не превышает двух пятых одного градуса, то и разница между кривой *amc* и прямой *adc* настолько незначительна, что не будет никакой ошибки, если мы просто будем оперировать с прямой

adc и полукругом *abc*. Почти то же самое происходит и в другом движении полюсов, относящемся к равноденствиям, поскольку, как будет показано ниже, и оно не доходит до половины градуса.

13 Пусть снова *abcd* будет круг, проходящий через полюсы зодиака и среднего равноденственного круга; мы можем назвать его средним колуром Рака. Пусть *deb* будет половиной зодиака, а *aec* — средним равноденственным кругом; они взаимно пересекаются в *e*, где находится точка среднего равноденствия. Пусть *f* — полюс равноденственного круга; Проведем через *f* большой круг *fei*, который вследствие этого будет колуром средних или равномерно движущихся равноденственных точек. Для большей наглядности отделим либрацию равноденствий от изменения наклонности зодиака; на колуре *ef* возьмем дугу *fg*, на которую, как мы представим, отклоняется, видимый полюс *g* равноденственного круга от среднего полюса *f*; вокруг полюса *g* описываем половину *alkc* видимого равноденственного круга, который пересечет зодиак в *l*. Тогда *l* будет точкой видимого равноденствия, отстоящей от среднего на дугу *le*, которую отсекает *ek*, равная *fg*.



Взяв полюс *k*, опишем круг *agc* и представим, что за время, в которое совершается либрация *fg*, истинный полюс равноденственного круга не останется в точке *g*, а под действием второй либрации переместится на дугу *go*, изменяя наклонность зодиака. Тогда при неподвижности зодиака *bed* истинный видимый равноденственный круг переместится соответственно переходу полюса в *o*. И точно так же движение сечения *l* — точки видимого равноденствия — будет более быстрым около среднего *e* и самым медленным на границах, приблизительно пропорциональным уже показанному колебанию полюсов, на что стоило обратить внимание.

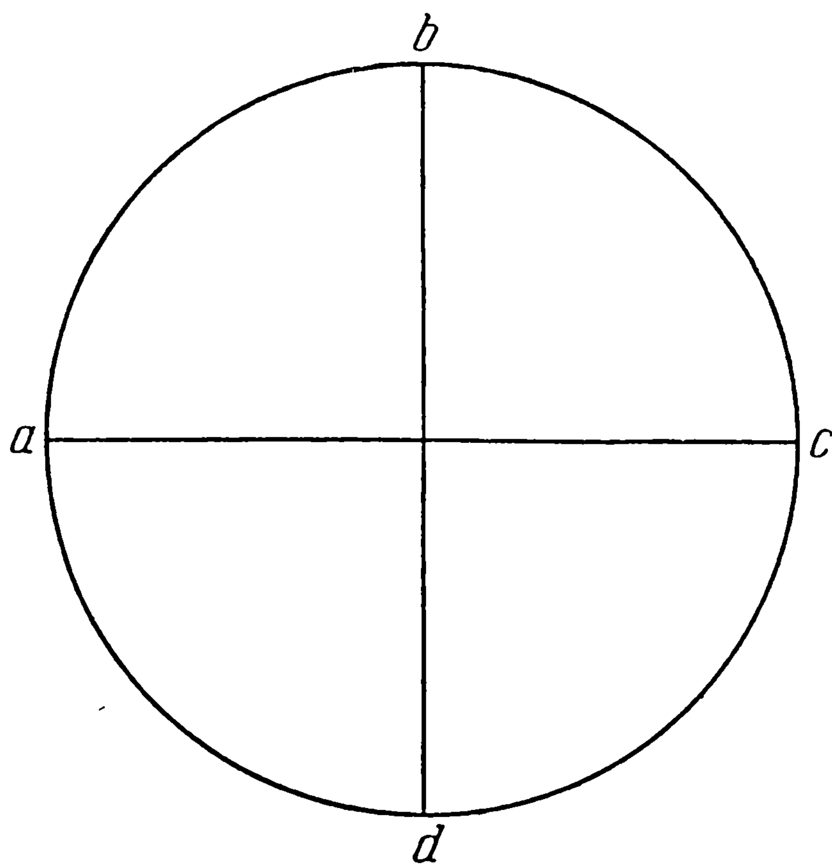
Глава VI

О равномерных движениях предварения равноденствий и наклонности зодиака

Всякое видимое неравномерное круговое движение совершается в четырех пределах: есть места, где оно кажется медленным или быстрым как бы, в крайних в иных же как бы в средних,— умеренным. Действительно, оно от конца уменьшения и начала увеличения переходит в умеренное, от него увеличивается в скорости, затем из быстрого снова стремится

к умеренному, и, наконец, все, что остается от среднего движения, возвращается к первоначальной медленности. На основании этого можно понять, в какой части круга находится в данный момент точка неравномерности или аномалии и на основании каких признаков можно определить восстановление аномалии.

Пусть в разделенном на четыре части круге точка *a* будем местом наибольшей медленности, *b* — средней возрастающей скорости, *c* — концом возрастания и началом уменьшения, *d* — местом средней уменьшающейся скорости. Как было изложено выше, от Тимохара до Птолемея отмечалось более медленное по сравнению с другими временами видимое движение прецессии равноденствий, и оно некоторое время казалось равномерным и униформным, как свидетельствуют сделанные в течение этого промежутка времени 14 наблюдения Аристилла, Гиппарха, Агриппы и Менелая. Поэтому мы можем судить, что видимое движение равноденствий было сначала просто самым медленным, а в середине промежутка — в начале увеличения, когда прекращение уменьшения вместе с началом увеличения взаимно компенсируясь, производили, что в промежутке движение представлялось равномерным. Поэтому наблюдение Тимохара следует поместить в крайнюю часть дуги круга *da*, а птолемеевское попадет в первую четверть *ab*. Так как в течение второго промежутка от Птолемея до Альбатегния Аратского движение оказывалось более быстрым, чем в третьем, то это говорит о том, что высшая скорость, то есть точка *c*, во втором промежутке времени уже была пройдена, аномалия перешла в третью четверть круга *cd* и в течение третьего промежутка до нашей эпохи восстановление аномалии почти уже закончилось, так что все возвратилось к отправной точке Тимохара.



Действительно, если 1819 лет, протекших от Тимохара до нас, мы при- 15
ведем в соответствие с обычными 360 градусами полного оборота, то для 432 лет мы получим дугу в $85^1/_2$ градуса, для 742 лет — 146 градусов, 51 минуту и для остающихся 645 лет остальную часть окружности 127 градусов 39 минут. Это мы приняли в качестве простой и очевидной догадки. После более детального вычисления для более точного соответствия наблюдениям мы нашли, что движение аномалии за 1819 египетских лет уже на 21 градус и 24 минуты превзошло полный свой оборот и время периода составляет всего только 1717 египетских лет. При таком соотношении ока-

залось, что первый отрезок круга соответствует 90 градусам 35 минутам, второй — 155 градусам 34 минутам, третий для 543 лет будет содержать остальные 113 градусов 51 минуту.

Когда это было установлено, стало также известно и среднее движение предварения равноденствий. Оно составляет 23 градуса 57 минут для тех же 1717 лет, по истечении которых вся неравномерность возвращается в первоначальное состояние, так как для 1819 лет мы получили видимое движение приблизительно 25 градусов 1 минуту. Правда, в течение 102 лет от Тимохара, на которые 1717 отличаются от 1819, следовало бы полагать видимое движение равным приблизительно 1 градусу 4 минутам, поскольку оно тогда, наверное, было большим того, в котором во сто лет проходится один градус, ибо оно уже уменьшалось, но еще не достигло конца своего убывания. Поэтому если мы один градус и пятнадцатую его часть отнимем от 25 градусов 1 минуты, то для 1717 египетских лет останется упомянутое нами среднее и равномерное движение, уравнивающее видимое неравномерное движение и равное 23 градусам 57 минутам. Тогда полный оборот предварения равноденствий при равномерном вращении завершится в 25 816 лет; в течение этого времени пройдет 15 и приблизительно одна 28-я
16 часть оборотов аномалии.

С этими отношениями сообразуется и движение наклонности, восстановление которой, как мы говорили, будет вдвое более медленным, чем для предварения равноденствий. Действительно, Птолемей говорит, что значение наклонности 23 градуса 51 минута 20 секунд в высшей степени мало изменилось по сравнению с наблюденным за 400 лет до него Аристархом Самосским. Это указывает, что наклонность тогда находилась приблизительно у своего высшего предела, когда, очевидно, и предварение равноденствий имело самое медленное движение. Теперь, когда снова приближается такое же восстановление медленности, наклон оси переходит не к наибольшему, а к наименьшему своему значению. Как уже сказано, этот наклон в промежуточное время Альбатегний Аратский определил в 23 градуса 35 минут, Арзахель Испанский через 190 лет после него — в 23 градуса 34 минуты; а затем через 230 лет Профаций Иудей — приблизительно на две минуты меньше; что касается нашего времени, то [Иоанн Регио-
17 монтан нашел 23 градуса $28\frac{1}{2}$ минуты, Георг Пурбах в 1460 году от рождества Христова, как и они, 23 градуса, но лишь 28 минут, Доменико Мария Новарский в 1491 году от рождества Христова после целых градусов —
18 29 минут и даже чуть больше], а мы в течение 30 лет при помощи частых наблюдений определили в 23 градуса 28 минут и приблизительно две пятых минуты, что мало отличается от данных Георга Пурбаха и Иоганна Монтерегио, которые были нашими ближайшими предшественниками.

Отсюда опять становится совершенно ясно, что изменение наклона от Птолемея за 900 лет было больше, чем за какой-нибудь другой промежуток времени. Следовательно, если за 1717 лет мы имеем один оборот аномалии

прецессии, то за это время получим только половину периода изменения наклонности, а за 3434 года — полное ее восстановление. Поэтому если мы разделим 360 градусов на упомянутое число 3434 года или 180 градусов на 1717, то годичное движение простой аномалии будет 6 минут 17 секунд 24 терции и 9 кварт. Распределив это на 365 дней, получим дневное движение в 1 секунду 2 терции 2 кварты. Точно так же, распределив среднее движение предварения равноденствий на 1717 лет (а оно равно 23 градусам 57 минутам), получим, что ее годовое движение будет 50 секунд 12 терций 5 кварт, а это после деления на 365 дней даст дневное движение 8 терций 15 кварт.

Чтобы эти движения были более на виду и находились, когда понадобится, под рукой, мы составим их таблицы, или каноны, путем непрерывного и равномерного прибавления годового движения, перенося всегда 60 в стоящий левее разряд до градусов (если соответствующих единиц будет больше 60). Ради удобства мы продолжали сложение вплоть до порядка 60 лет, ибо через шестьдесят лет повторяется тот же самый ряд чисел только с соответствующей перестановкой разрядов градусов и минут, так что секунды переходят в минуты и так далее. При помощи этих кратких таблиц можно вплоть до 3600 лет при помощи двух операций находить и вычислять для данного года равномерное движение. Так же обстоит дело и для числа дней.

При вычислении небесных движений мы будем везде пользоваться египетскими годами, которые только одни среди всех гражданских оказываются одинаковыми. Действительно, необходимо, чтобы мера была конгруэнтной измеряемому, чего у римских, греческих и персидских годов не получается, потому что в них производятся вставки, и притом не одним способом, а как у какого народа принято. В египетском годе нет никакой неопределенности; он имеет точное число 365 дней, распределенных на двенадцать равных месяцев, которые египтяне называют по порядку своими именами: Тот, фаофи, атир, хойяк, тиби, мехир, фаменот, фармути, пахон, пауни, эпифи, месори. В них заключается шесть шестидесяток дней и пять остающихся дней; их они называют вставными. Поэтому при исчислении равномерных движений самыми удобными являются египетские годы, в которые легко можно перевести какие угодно другие годы, разложив их на дни.

Равномерное движение предварения равноденствий в годах и шестидесятках лет

	Египетские года	Долгота						Египетские года	Долгота				
		шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*			*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
	1	0	0	0	50	12		31	0	0	25	56	14
	2	0	0	1	40	24		32	0	0	26	46	26
	3	0	0	2	30	36		33	0	0	27	36	38
	4	0	0	3	20	48		34	0	0	28	26	50
	5	0	0	4	11	0		35	0	0	29	17	2
	6	0	0	5	1	12	Эпоха	36	0	0	30	7	15
19	7	0	0	5	51	24	Христа	37	0	0	30	57	27
	8	0	0	6	41	36	5°32′	38	0	0	31	47	39
	9	0	0	7	31	48		39	0	0	32	37	51
	10	0	0	8	22	0		40	0	0	33	28	3
	11	0	0	9	12	12		41	0	0	34	18	15
	12	0	0	10	2	25		42	0	0	35	8	27
	13	0	0	10	52	37		43	0	0	35	58	39
	14	0	0	11	42	49		44	0	0	36	48	51
	15	0	0	12	33	1		45	0	0	37	39	3
	16	0	0	13	23	13		46	0	0	38	29	15
	17	0	0	14	13	25		47	0	0	39	19	27
	18	0	0	15	3	37		48	0	0	40	9	40
	19	0	0	15	53	49		49	0	0	40	59	52
	20	0	0	16	44	1		50	0	0	41	50	4
	21	0	0	17	34	13		51	0	0	42	40	16
	22	0	0	18	24	25		52	0	0	43	30	28
	23	0	0	19	14	37		53	0	0	44	20	40
	24	0	0	20	4	50		54	0	0	45	10	52
	25	0	0	20	55	2		55	0	0	46	1	4
	26	0	0	21	45	14		56	0	0	46	51	16
	27	0	0	22	35	26		57	0	0	47	41	28
	28	0	0	23	25	38		58	0	0	48	31	40
	29	0	0	24	15	50		59	0	0	49	21	52
	30	0	0	25	6	2		60	0	0	50	12	5

Равномерное движение предварения равноденствий в днях и шестидесятках дней

Дни	Долгота					Дни	Долгота				
	шести-десятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*		*шести-десятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	0	0	0	0	8	31	0	0	0	4	15
2	0	0	0	0	16	32	0	0	0	4	24
3	0	0	0	0	24	33	0	0	0	4	32
4	0	0	0	0	33	34	0	0	0	4	40
5	0	0	0	0	41	35	0	0	0	4	48
6	0	0	0	0	49	36	0	0	0	4	57
7	0	0	0	0	57	37	0	0	0	5	5
8	0	0	0	1	6	38	0	0	0	5	13
9	0	0	0	1	14	39	0	0	0	5	21
10	0	0	0	1	22	40	0	0	0	5	30
11	0	0	0	1	30	41	0	0	0	5	38
12	0	0	0	1	39	42	0	0	0	5	46
13	0	0	0	1	47	43	0	0	0	5	54
14	0	0	0	1	55	44	0	0	0	6	3
15	0	0	0	2	3	45	0	0	0	6	11
16	0	0	0	2	12	46	0	0	0	6	19
17	0	0	0	2	20	47	0	0	0	6	27
18	0	0	0	2	28	48	0	0	0	6	36
19	0	0	0	2	36	49	0	0	0	6	44
20	0	0	0	2	45	50	0	0	0	6	52
21	0	0	0	2	53	51	0	0	0	7	0
22	0	0	0	3	1	52	0	0	0	7	9
23	0	0	0	3	9	53	0	0	0	7	17
24	0	0	0	3	18	54	0	0	0	7	25
25	0	0	0	3	26	55	0	0	0	7	33
26	0	0	0	3	34	56	0	0	0	7	42
27	0	0	0	3	42	57	0	0	0	7	50
28	0	0	0	3	51	58	0	0	0	7	58
29	0	0	0	3	59	59	0	0	0	8	6
30	0	0	0	4	7	60	0	0	0	8	15

20 *Движение аномалии равноденствий в годах и шестидесятках лет*

Египетские года	Долгота						Египетские года	Долгота				
	шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*			*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	0	0	6	17	24		31	0	3	14	59	28
2	0	0	12	34	48		32	0	3	21	16	52
3	0	0	18	52	12		33	0	3	27	34	16
4	0	0	25	9	36		34	0	3	33	51	41
5	0	0	31	27	0	Эпоха	35	0	3	40	9	5
6	0	0	37	44	24	Христа	36	0	3	46	26	29
7	0	0	44	1	49	6°45′	37	0	3	52	43	53
8	0	0	50	19	13		38	0	3	59	1	17
9	0	0	56	36	36		39	0	4	5	18	42
10	0	1	2	54	1		40	0	4	11	36	6
11	0	1	9	11	25		41	0	4	17	53	30
12	0	1	15	28	49		42	0	4	24	10	54
13	0	1	21	46	13		43	0	4	30	28	18
14	0	1	28	3	38		44	0	4	36	45	42
15	0	1	34	21	2		45	0	4	43	3	6
16	0	1	40	38	26		46	0	4	49	20	31
17	0	1	46	55	50		47	0	4	55	37	55
18	0	1	53	13	14		48	0	5	1	55	19
19	0	1	59	30	38		49	0	5	8	12	43
20	0	2	5	48	3		50	0	5	14	30	7
21	0	2	12	5	27		51	0	5	20	47	31
22	0	2	18	22	51		52	0	5	27	4	55
23	0	2	24	40	15		53	0	5	33	22	20
24	0	2	30	57	39		54	0	5	39	39	44
25	0	2	37	15	3		55	0	5	45	57	8
26	0	2	43	32	27		56	0	5	52	14	32
27	0	2	49	49	52		57	0	5	58	31	56
28	0	2	56	7	16		58	0	6	4	49	20
29	0	3	2	24	40		59	0	6	11	6	45
30	0	3	8	42	4		60	0	6	17	24	9

Движение аномалии равноденствий в днях и шестидесятках дней

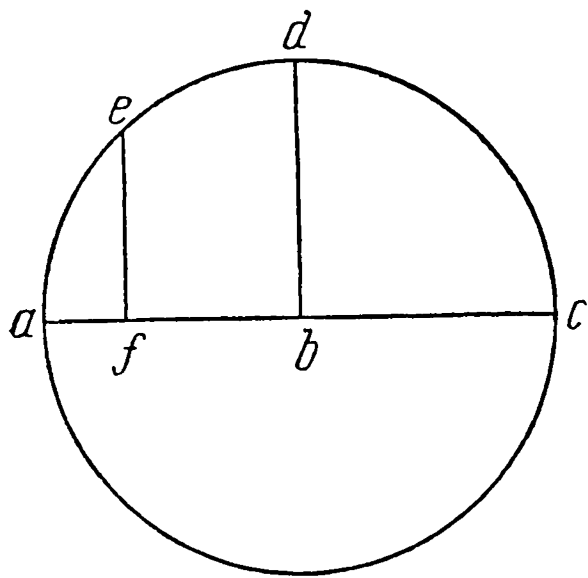
Дни	Долгота					Дни	Долгота				
	шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*		*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	0	0	0	1	2	31	0	0	0	32	3
2	0	0	0	2	4	32	0	0	0	33	5
3	0	0	0	3	6	33	0	0	0	34	7
4	0	0	0	4	8	34	0	0	0	35	9
5	0	0	0	5	10	35	0	0	0	36	11
6	0	0	0	6	12	36	0	0	0	37	13
7	0	0	0	7	14	37	0	0	0	38	15
8	0	0	0	8	16	38	0	0	0	39	17
9	0	0	0	9	18	39	0	0	0	40	19
10	0	0	0	10	20	40	0	0	0	41	21
11	0	0	0	11	22	41	0	0	0	42	23
12	0	0	0	12	24	42	0	0	0	43	25
13	0	0	0	13	26	43	0	0	0	44	27
14	0	0	0	14	28	44	0	0	0	45	29
15	0	0	0	15	30	45	0	0	0	46	31
16	0	0	0	16	32	46	0	0	0	47	33
17	0	0	0	17	34	47	0	0	0	48	35
18	0	0	0	18	36	48	0	0	0	49	37
19	0	0	0	19	38	49	0	0	0	50	39
20	0	0	0	20	40	50	0	0	0	51	41
21	0	0	0	21	42	51	0	0	0	52	43
22	0	0	0	22	44	52	0	0	0	53	45
23	0	0	0	23	46	53	0	0	0	54	47
24	0	0	0	24	48	54	0	0	0	55	49
25	0	0	0	25	50	55	0	0	0	56	51
26	0	0	0	26	52	56	0	0	0	57	53
27	0	0	0	27	54	57	0	0	0	58	55
28	0	0	0	28	56	58	0	0	0	59	57
29	0	0	0	29	58	59	0	0	1	0	59
30	0	0	0	30	1	60	0	0	1	2	2

Глава VII

О том, какова наибольшая разность между средним и видимым предварением равноденствий

21 ⟨I⟩ После того как были указанным образом изложены средние движе-
ния, надлежит установить, какова наибольшая разность между средним
равномерным и видимым движением равноденственных точек или каков диа-
метр малого круга, по которому идет круговое движение аномалии.
Действительно, если последний известен, то можно определять и любые
другие разности для этих движений. Согласно изложенному, между пер-
вым наблюдением Тимохара и наблюдением Птолемея во втором году
Антонина прошло 432 года, и за это время среднее движение было
6 градусов, видимое — 4 градуса 20 минут. Их разность, а именно один
22 градус 40 минут, соответствует движению удвоенной аномалии 90 градусов
35 минут.

Мы видели также, что в середине этого промежутка времени или около
того видимое движение достигло пункта наибольшей медленности, в кото-
23 ром среднее движение необходимо совпадает с истинным, а истинная и
средняя точки равноденствия находятся в одном и том же пересечении кру-
гов. Поэтому если мы распределим движение и время на две части, то с
обеих сторон получатся разности неравномерного и среднего движения в
пять шестых одного градуса, которые будут по обе стороны охватывать дуги аномалийного круга в 45 градусов $17^1/_2$ минуты.

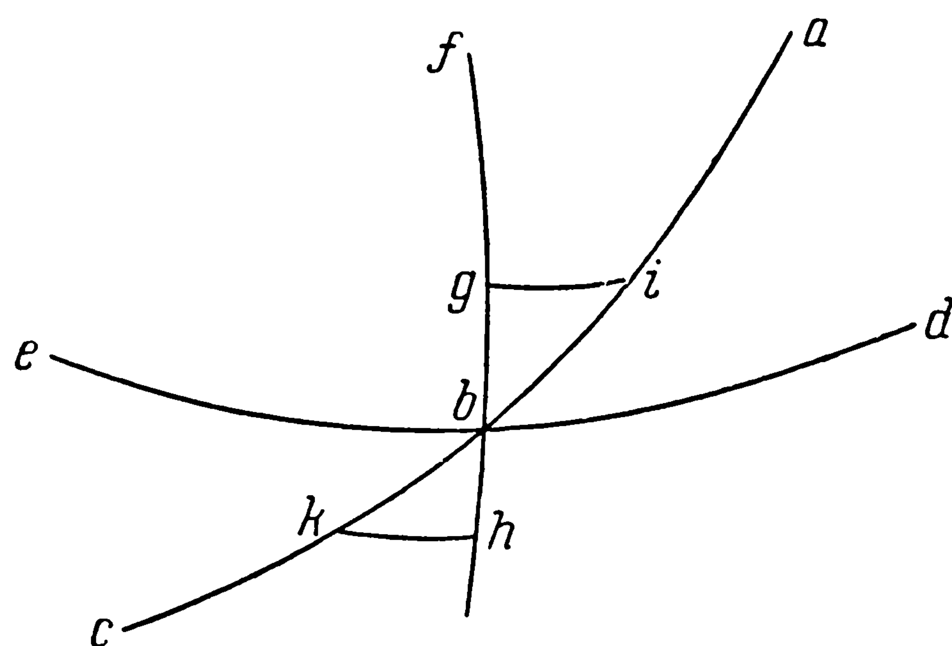


⟨II⟩ Но поскольку все это относится к очень малым величинам, не достигающим даже полутора градусов зодиака, а в этих пределах стягивающие прямые почти равняются своим дугам и некоторая разница получается только в терциях, то мы, могущие удовлетворяться только минутами, не совершим никакой ошибки, если вместо дуг будем пользоваться прямыми линиями.

⟨III⟩ Пусть *abc* — часть окружности зодиака, в которой *b* будет средней равноденственной точкой. Из нее, как из полюса, опишем полукруг *adc*, который пересечет зодиак в точках *a*, *c*; затем из полюса зодиака проведем *db*, рассекающую пополам описанный полукруг в точке *d*, в которой мы должны полагать предел наибольшей медленности и начало возрастания. В квадранте *ad* возьмем дугу *de* в 45 градусов $17^1/_2$ минуты и через точку *e* из полюса зодиака опустим *ef*; дуга *bf* равняется 50 минутам. Требуется по этим данным определить всю *bfa*. Очевидно, что удвоенная *bf* стягивает удвоенную дугу *de*. Следовательно, как 7107 частей дуги *bf* относят-

ся к 10 000 частей *afb*, так будут относиться и соответствующие *bf* 50 ми- 24
нут к 70 минутам *afb*. Значит, *ab* соответствует одному градусу 10 минутам; такова будет искомая наибольшая разность среднего и видимого движений точек равноденствий, и ей соответствует наибольшее отклонение полюсов в 28 минут.

⟨IV⟩ Установив это, возьмем дугу *abc* зодиака и средний равноденственный круг *dbe*. Пусть *b* будет среднее сечение для видимых точек равноденствий в Овне или Весах и пусть через полюсы *dbe* проходит *fb*. На *abc* возь-
мем с обеих сторон две равные дуги *bi* и *bk* по 1 градусу с шестой частью, 25



так что вся *ibk* будет равна 2 градусам и 20 минутам. Проведем также две дуги *ig* и *hk* видимых равноденственных кругов под прямыми углами с *fb* и продолженной *fbh*. Я все же говорю «под прямыми углами», хотя полюсы дуг *ig* и *hk* чаще будут находиться не на окружности *bf*, поскольку примешивается движение, изменяющее наклон, как мы видели в сделанных предположениях. Но вследствие очень небольшого смещения, которое
даже максимально не превышает 450-й части прямого угла, мы будем 26
считать эти углы как бы точно прямыми, ибо вследствие этого не получится никакой ошибки. Теперь в треугольнике *ibg* дан угол *ibg*, равный 66 градусам 20 минутам (он представляет дополнение до прямого *dba* — 23 градуса 40 минут — угла среднего наклона зодиака), угол *bgi* прямой, угол *big* почти равен накрест лежащему углу *ibd*, а сторона *ib* равна 70 минутам. Следовательно, можно определить дугу *bg*, представляющую рас-
стояние полюсов среднего и видимого движений и равную 28 минутам. 27

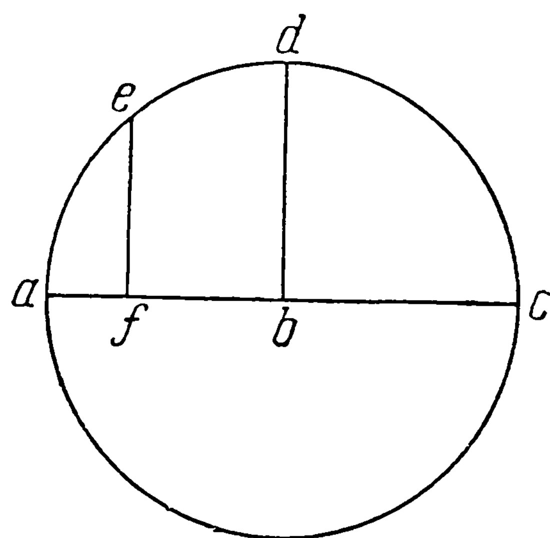
Точно так же в треугольнике *bhk* два угла *bhk* и *hbk* соответственно равны *ibg* и *igb*, а сторона *bk* равна стороне *bi*; также *bh* будет равна *bg*, то есть 28 минутам.

⟨V⟩ Итак, *gb* и *bh* пропорциональны *ib* и *bk*, и движения как полюсов,
так и точек сечения будут совершаться по одинаковому закону. 28

Глава VIII

О частных значениях разностей указанных движений и составлении их таблиц

Итак, если дана дуга *ab*, равная 70 минутам, длина которой не будет за-
метно отличаться от стягивающей ее хорды, то нетрудно определить и дру-
гие частные значения разностей средних и видимых движений, которые у
29 греков назывались простаферезами, а у позднейших авторов — уравнени-
ями. При помощи их вычитания или прибавления производится согласова-
ние с наблюдениями. Мы будем пользоваться греческим термином, как более подходящим.



Таким образом, если *ed* равняется трем градусам, то при помощи отношения *ab* к стягивающей хорде *bf* мы получим простаферез *bf* в 4 минуты; если *ed* равняется шести градусам, то для *bf* получатся 7 минут, для девяти градусов — одиннадцать и т. д. Относительно изменения наклона, мы полагаем, нужно поступать аналогичным образом; если между наибольшим и наименьшим значениями имеется, как сказали, 24 минуты, которые на полукруге простой аномалии проходятся в течение 1717 лет, то среднее положение на четверти круга будет соответствовать 12 минутам. Там будет полюс малого круга этой аномалии для наклона в 23 градуса 40 минут, и подобным образом, как уже сказано, получим остальные градусы разностей, приблизительно пропорциональные указанным, как содержится в приведенной ниже таблице.

При помощи доказанного выше можно разными способами вычислять видимые движения, но, по-моему, лучше всего будет, когда частные простаферезы берутся отдельно; при этом вычисление самих движений будет более удобопонятным и более соответствует ходу выводов. Итак, мы составили таблицу в 60 строк, в которой возрастание идет через три круговых градуса. Такая таблица не займет слишком много места и в сжатом виде не будет чрезмерно краткой; так мы будем делать и в других подобных случаях. Она имеет четыре столбца; из них два первых содержат градусы обоих полукругов, что мы назовем «общим числом», вследствие того, что при помощи простого числа определяется наклон круга зодиака, а удвоенное служит для нахождения простафереза равноденствий, начало которого берется в точке начала возрастания. В третьем столбце поместятся простаферезы равноденствий, соответствующие каждый трехградусным делениям; их надо прибавлять или вычитать от среднего движения. Последнее отсчитываем от первой звезды в голове Овна в весеннее равноденствие.

30 Вычитаются простаферезы аномалии в меньшем полукруге или первого порядка, прибавляются во втором и следующем полукруге. Наконец, в последнем столбце находятся шестидесятые доли, называемые пропорциональными частями наклонности, восходящие в сумме до шестидесяти. Для разности наибольшей и наименьшей наклонности, равной 24 минутам, мы полагаем 60 и от них берем пропорциональные части в зависимости от отношения остальных избытков. Вследствие этого в начале и конце анома-
31 лии мы ставим 60; если разность дойдет до 22 минут, что получается при аномалии в 33 градуса, то мы вместо этого ставим 55. Так же при аномалии в 48 градусов вместо 20 минут ставим 50; таким же образом и дальше, как по приведенному образцу.

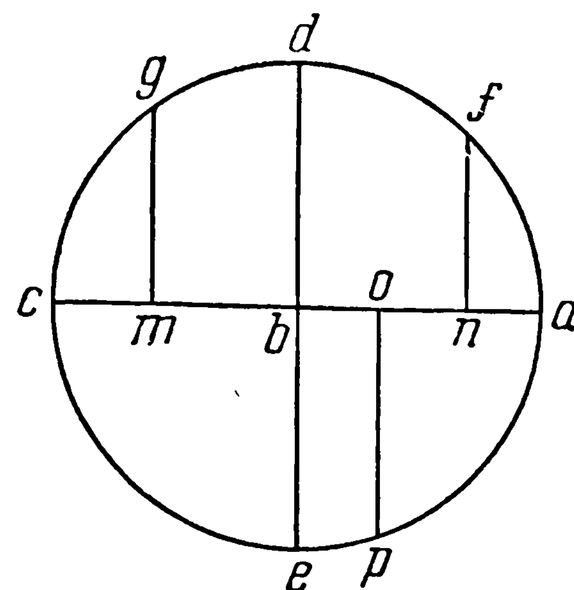
Таблица простаферезов равноденственного круга и наклонности зодиака

Общие числа		Простаферезы равноденств. круга		Пропорцио-нальные части наклон-ности	Общие числа		Простаферезы равноденств. круга		Пропорцио-нальные части наклон-ности
град	*град*	*град*	*мин*		*град*	*град*	*град*	*мин*	
3	357	0	4	60	93	267	1	10	28
6	354	0	7	60	96	264	1	10	27
9	351	0	11	60	99	261	1	9	25
12	348	0	14	59	102	258	1	9	24
15	345	0	18	59	105	255	1	8	22
18	342	0	21	59	108	252	1	7	21
21	339	0	25	58	111	249	1	5	19
24	336	0	28	57	114	246	1	4	18
27	333	0	32	56	117	243	1	2	16
30	330	0	35	56	120	240	1	1	15
33	327	0	38	55	123	237	0	59	14
36	324	0	41	54	126	234	0	56	12
39	321	0	44	53	129	231	0	54	11
42	318	0	47	52	132	228	0	52	10
45	315	0	49	51	135	225	0	49	9
48	312	0	52	50	138	222	0	47	8
51	309	0	54	49	141	219	0	44	7
54	306	0	56	48	144	216	0	41	6
57	303	0	59	46	147	213	0	38	5
60	300	1	1	45	150	210	0	35	4
63	297	1	2	44	153	207	0	32	3
66	294	1	4	42	156	204	0	28	3
69	291	1	5	41	159	201	0	25	2
72	288	1	7	39	162	198	0	21	1
75	285	1	8	38	165	195	0	18	1
78	282	1	9	36	168	192	0	14	1
81	279	1	9	35	171	189	0	11	0
84	276	1	10	33	174	186	0	7	0
87	273	1	10	32	177	183	0	4	0
90	270	1	10	30	180	180	0	0	0

Глава IX

Об уточнении и исправлении всего изложенного относительно предварения равноденствий

Итак, мы допустили, что начало возрастания в неравномерном движении
было посередине промежутка времени от 36 года первого Калиппова 32
периода до второго года Антонина; с этого начального пункта мы стали считать ход аномалии. Нам еще нужно испытать, правильно ли мы это сделали и соответствует ли это наблюдениям. Вернемся к упомянутым наблюдениям трех звезд, сделанным Тимохаром, Птолемеем и Альбатегнием Аратским. Известно, что в первом промежутке заключалось 432 египетских года, а во втором — 742. Среднее движение в течение первого промежутка составляло 6 градусов, неравномерное — 4 градуса 20 минут, удвоенной аномалии 90 градусов 35 минут, вычитаемое из среднего движения — 1 градус 40 минут; в течение второго среднее движение — 10 градусов 21 минута, неравномерное — $11^1/_2$ градуса, удвоенной аномалии — 155 градусов 34 минуты, добавляемое к среднему движению — 1 градус 9 минут.



Пусть окружность зодиака будет, как и 33
раньше, *abc*. Взяв полюс в *b* — точке среднего весеннего равноденствия,— опишем кружок *adce* дугой *ab*, равной одному градусу 10 минутам. Равномерное движение точки *b* представим себе совершающимся в сторону *a*, то есть против последовательности знаков, и пусть *a* будет западный предел, в котором более всего уходит вперед переменная точка равноденствия, а *c* — восточный, где она больше всего отстает. Затем из полюса зодиака проведем через точку *b* дугу *dbe*, которая вместе с кругом знаков зодиака разделит малый круг *adce* на четыре части, ибо два круга, проведенные один через полюс другого, пересекаются под прямыми углами. Но так как в полукруге *adc* движение идет в направлении последовательности знаков, а в остальной части *cea* — против последовательности, то середина медленности видимой равноденственной точки будет в *d* вследствие противоположности этого движения движению точки *b*, в *e* же будет наибольшая скорость, ибо оба движения совершаются в одном направлении. По обе стороны точки *d* отложим дуги *fd* и *dg* каждую по 45 градусов $17^1/_2$ минуты. Пусть *f* будет первый пункт аномалии, соответствующий эпохе Тимохара, *g* — второй, соответствующий эпохе Птолемея, и *p* — третий — эпохе Альбатегния. Через эти точки из полюсов зодиака проведем дуги больших кругов *fn*, *gm* и *op*; все они в пределах малого круга чрезвычайно близки к прямым линиям.

Итак, дуга *fdg* равна 90 градусам 35 минутам, если окружность *adce* принять за 360 градусов; вычитаемое из среднего движения *mn* равно 1 градусу 40 минутам, если *abc* составляет 2 градуса 20 минут, дуга *gcep* — 155 градусов 34 минуты, прибавляемое *mo* — 1 градус 9 минут; затем остающаяся дуга *paf*, равная 113 градусам 51 минуте, прибавит остаток *on*, равный 31 минуте, если *ab* равна 70 минутам. И так как вся дуга *dgcep* составляет 200 градусов $51^{1}/_{2}$ минуты и избыток *ep* над полуокружностью равен 20 градусам $51^{1}/_{2}$ минуты, то считаемая как бы прямой дуга *bo* по таблице хорд в круге будет равна 356 частям, если *ab* принять за 1000; если же *ab* равна 70 минутам, то *bo* составит приблизительно 24 минуты, а *bm*, согласно положенному — 50 минут. Следовательно, вся линия *mbo* будет равна 74 минутам, а остаток *no* — 26 минутам. Но в предшествующем *mbo* равнялась 1 градусу 9 минутам, а остаток *no* — 31 минуте. Здесь не хватает 5 минут, которые в другой части будут излишними. Значит, круг *adce* придется повертывать, пока не произойдет компенсации обеих частей. Это будет сделано, если мы возьмем дугу *dq* в $42^{1}/_{2}$ градуса, так чтобы в остатке *df* содержалось 48 градусов 5 минут.

Таким образом, окажется возможным исключить обе эти ошибки, а также удовлетворить и всему остальному, так как если мы возьмем начало в высшем пределе медленности *d*, то движение аномалии в первом пункте будет вся дуга *dgcepaf*, равная 311 градусам 55 минутам, во втором *dg* — $42^{1}/_{2}$ градуса, в третьем *dgcep* — 198 градусам 4 минутам. И если *ab* равна 70 минутам, то для первого пункта, согласно приведенным доказательствам, получается прибавляемый простаферез *bn*, равный 52 минутам, для второго вычитаемый *mb* — $47^{1}/_{2}$ минуты и, наконец, в третьем пункте опять прибавляемый *bo* — приблизительно 21 минута. Итак, вся линия *mn* берет в первом интервале 1 градус 40 минут и вся *mbo* во втором интервале — 1 градус 9 минут, что достаточно хорошо соответствует наблюдениям. Из этого также ясно, что простая аномалия в первом пункте будет 155 градусов $57^{1}/_{2}$ минуты, во втором — 21 градус 15 минут, в третьем — 99 градусов 2 минуты, что и требовалось установить.

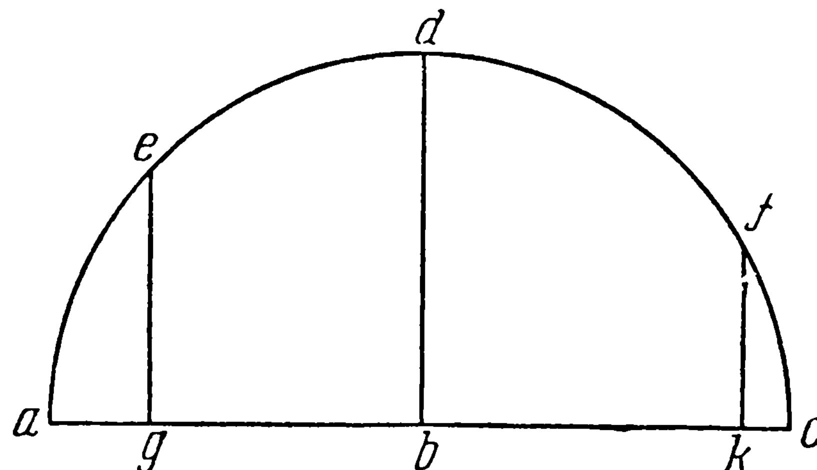
84 *Глава X*

О том, какова наибольшая величина разности угла в сечении равноденственного круга и зодиака

Подобным же образом мы можем доказать и выявить свою правоту относительно того, что было сказано об изменении наклонности зодиака и равноденственного круга. Действительно, для второго года Антонина у Птолемея мы имели наблюденную простую аномалию в 21 градус с четвертью, для которой было получено наибольшее значение наклона в 23 градуса

51 минуту 20 секунд. От этого времени до наших наблюдений прошло около 1387 лет, для которых величина простой аномалии исчисляется в 144 гра- 35
дуса 4 минуты. В это время наблюдался наклон в 23 градуса 28 минут и приблизительно две пятых одной минуты.

Для этого возьмем снова дугу *abc* зодиака или вследствие малости вместо нее прямую и опишем на ней из полюса *b*, как и раньше, полукруг простой аномалии. Пусть *a* будет наибольший предел отклонения, а *c* — наименьший; разность между ними мы и определяем. Итак, берем дугу *ae* малого круга в 21 градус 15 минут; тогда остальная часть *ed* квадранта будет 68 градусов 45 минут. Но вся дуга *edf*, согласно вычислению, равна 144 градусам 4 минутам, а остаток *df* — 75 градусам 19 минутам. На диаметр *abc* опустим перпендикуляры *eg* и *fk*. Дуга *gk* большого круга нам известна по разности наклонностей в эпоху Птолемея и нашу; она равна 22 минутам 56 секундам. Подобная прямой дуга *gb* представляет половину хорды, стягивающей удвоенную дугу *ed*, или ей равную; она равна 932 частям, каких в *ac*, как бы в диаметре, заключается 2000; затем *kb*, как бы половина хорды, стягивающей удвоенную дугу *df*, будет иметь 967 таких частей. Следовательно, вся *gk* будет равна 1899 частям, каких в *ac* будет 2000. Но если *gk* равняется 22 минутам 56 секундам, то *ac* будет равна приблизительно 24 минутам, которые и представляют искомую нами разность между наибольшей и наименьшей наклонностями. Из этого ясно, что наибольшая наклонность была в промежуток времени между Тимохаром и Птолемеем, а именно все 23 градуса 52 минуты, в настоящее время мы приближаемся к минимальной — 23 градуса 28 минут. Отсюда можно будет получить и промежуточные значения наклонностей этих кругов совершенно так же, как мы изложили относительно прецессии.



Глава XI

Об установлении эпох средних движений равноденствий и аномалии

После того, как все это закончено, остается установить эпохи для движений точки весеннего равноденствия; эти эпохи некоторые называют корнями, от которых ведутся вычисления для какого-нибудь заданного времени. В качестве крайнего предела для этого Птолемей установил начало царствования Набонассара — царя халдеев (которого многие, обманутые сход- 36
ством имен, считают тождественным с Навуходоносором; последний, как

показывают расчет времени и вычисления Птолемея, был в значительно более позднее время); у историографов его эпоха падает на время Салманассара — царя халдеев. Мы же, следуя более известным временам, сочли достаточным начать с первой олимпиады, которая на 28 лет предшествовала Набонассару, взяв в качестве отправной точки летнее солнцестояние. В это время у греков восходил Малый Пес (Canicula) и праздновались олим-
37 пийские игры, как передают Цензорин и другие достойные доверия авторы.

Поэтому согласно более точному счету времени, необходимому для вычисления небесных движений, от первой олимпиады от полудня первого дня греческого месяца гекатомбеона до Набонассара и полудня первого дня египетского месяца Тот прошло 27 лет и 247 дней; отсюда до смерти Александра — 424 египетских года, от смерти Александра до начала лет Юлия Цезаря — 278 египетских лет $118^{1}/_{2}$ дня до полуночи перед январскими календами, откуда Юлий Цезарь положил начало установленного им года. Этот год он в качестве Великого Понтифекса установил в свое третье и М. Эмилия Лепида консульство. От этого года, так установленного Юлием Цезарем, последующие годы стали называться юлианскими. Их от четвертого консульства Цезаря до Октавиана Августа прошло у римлян 18 лет до январских календ, хотя сын божественного Юлия Цезаря по предложению Нумация Планка сенатом и другими гражданами был провозглашен императором Августом в 16-й день до февральских календ в год своего седьмого консульства с М. Випсанием. Но египтяне, которые за два года перед этим попали под власть римлян после смерти Антония и Клеопатры, считают 15 лет $246^{1}/_{2}$ дня в полдень первого дня месяца Тот; у римлян этот день приходился на третий перед сентябрьскими календами. Поэтому от Августа до рождества Христова, начиная тоже с января, прошло согласно римлянам 27 лет, а согласно египтянам — 29 их лет $130^{1}/_{2}$ дня. Отсюда до второго года Антонина, когда Кл. Птолемей записал наблюденные им места звезд, прошло 138 римских лет 55 дней; они при переводе в египетские прибавляют еще 34 дня.

Таким образом, от первой олимпиады до этого времени получается после сложения всего 913 лет 101 день. В течение этого времени предварение равноденствий равнялось 12 градусам 44 минутам, а простая аномалия — 95 градусам 44 минутам. Но во второй год Антонина весеннее равноденствие, как передают, на 6 градусов и 40 минут предшествовало первой из звезд, что в голове Овна. И так как удвоенная аномалия составляла $42^{1}/_{2}$ градуса, то вычитаемая разность равномерного и видимого движений равнялась 48 минутам. Если мы возвратим их видимому движению в 6 градусов 40 минут, то получим среднее место весеннего равноденствия на 7 градусах 28 минутах. Если мы прибавим к ним 360 градусов полной окружности и из суммы вычтем 12 градусов 44 минуты, то получим для первой олимпиады, начинающейся от полудня первого дня афинского месяца гекатомбеона, среднее место весеннего равноденствия на 354 градусах 44 минутах;

тогда оно следовало за первой звездой Овна на расстоянии 5 градусов 16 минут.

Подобным образом, если от 21 градуса 15 минут простой аномалии вычесть 95 градусов 45 минут, то для того же начала олимпиады останется место простой аномалии на 285 градусах 30 минутах, и наоборот, после сложения движения, произведенного в соответствии с протекшим временем, отбрасывая накопляющиеся 360 градусов, получим эпохи, или корни, Александра: для среднего движения — один градус 2 минуты, простой аномалии—332 градуса 52 минуты; эпохи Цезаря: для среднего движения — 4 градуса 55 минут, аномалии — 2 градуса 2 минуты; эпохи Христа: среднего движения — 5 градусов 32 минуты, аномалии — 6 градусов 45 минут; таким же образом, получатся «корни» движений и для остальных каких угодно начал отсчета времени.

Глава XII

О вычислении предварения весеннего равноденствия и наклона зодиакального круга

Итак, если мы для какого-нибудь времени хотим получить положение точки весеннего равноденствия, а промежуток времени от принятого начала до данного времени выражается в неравных годах, какими, например, являются римские, употребляемые в общежитии, то переведем их в равные или египетские годы. Действительно, на основании указанных причин мы при вычислении равномерных движений не можем пользоваться никакими другими годами, кроме египетских. Затем, если данное число лет превосходит шестьдесят, распределяем их по шестидесяткам. Переходя с этими шестидесятками к таблице движений, оставляем в стороне, как излишний, первый разряд, встречающийся в движениях, и начиная со второго разряда берем шестидесятки градусов, если таковые случатся, вместе с остальными следующими градусами и минутами. После этого при втором заходе с остальными годами берем для первого разряда, как он имеется, соответствующие шестидесятки, градусы и минуты. То же самое сделаем и с днями и шестидесятками их, для которых, если будет угодно, мы по таблицам добавляем движения для дней и частей дня, хотя в данном случае части дней и даже сами дни можно с полным правом отбросить вследствие медленности указанных движений, так как в дневном движении может идти речь лишь о секундах и терциях. Когда все это мы прибавим к взятому «корню», складывая почленно каждый разряд с ему соответствующим и отбрасывая, если таковые получатся, шесть шестидесяток градусов, для заданного времени получим среднее положение точки весеннего равноденствия, насколько она предшествует первой звезде Овна, или же положение этой звезды вслед за весенним равноденствием.

38

Таким же образом, найдем и аномалии. Для значений простой аномалии в последнем столбце таблиц неравномерного движения отыщем пропорциональные доли, которые отложим в стороне. Затем вместе с удвоенной аномалией в третьем столбце указанной таблицы найдем простаферез, то есть число градусов и минут, на которые истинное движение отличается от среднего. Этот простаферез мы вычтем из среднего движения, если удвоенная аномалия будет меньше полуокружности, или прибавим к среднему движению, если она превзойдет полуокружность, имея более 180 градусов. То, что получится после сложения или вычитания даст истинное и видимое предварение точки весеннего равноденствия или же, наоборот, покажет, насколько первая звезда Овна будет тогда отстоять от точки весеннего равноденствия. Если ты захочешь получить место какой-нибудь другой звезды, то прибавь ее число, стоящее в таблице описания звезд.

Поскольку процесс действия обычно лучше выясняется на примерах,
39 пусть нам будет предложено для 16-го дня до майских календ 1525 года после рождества Христова определить истинное положение точки весеннего равноденствия вместе с наклонностью зодиака, а также найти, насколько Спика Девы отстоит от этой точки равноденствия. Ясно, что в течение 1524 римских лет и 106 дней от начала счета годов нашей эры до заданного времени был вставлен 381 високосный день, то есть 1 год 16 дней; все это в равных годах составляет 1525 лет 122 дня, или 25 шестидесяток 25 лет вместе с двумя шестидесятками дней и двумя днями. Двадцати пяти шестидесяткам лет в таблице среднего движения соответствуют 20 градусов 55 минут 2 секунды, 25 годам — 20 минут 55 секунд, двум шестидесяткам дней — 16 секунд; для двух остальных дней мы будем иметь только терции. Все это, вместе взятое с корнем, который равнялся 5 градусам 32 минутам, дает 26 градусов 48 минут — среднее предварение весеннего равноденствия.

Точно так же движение простой аномалии за 25 шестидесяток лет будет две шестидесятки градусов и 37 градусов 15 минут 3 секунды, а в течение 25 лет — 2 градуса 37 минут 15 секунд, за две шестидесятки дней — 2 минуты 4 секунды и за столько же дней — 2 секунды. Все это вместе с «корнем», равным 6 градусам 45 минутам, дает 2 шестидесятки 46 градусов 40 минут в качестве простой аномалии. При ее помощи найденные в последнем столбце таблицы неравномерности пропорциональные доли я сохраню для определения наклонности; в данном случае их будет только одна. Затем при помощи удвоенной аномалии, составляющей 5 шестидесяток 33 градуса 20 минут, я нахожу простаферез 32 минуты, прибавляемый вследствие того, что двойная аномалия больше полукруга. Если мы добавим его к среднему движению, то получим истинное и видимое предварения весеннего равноденствия 27 градусов 21 минуту; если я прибавлю 170 градусов, на которые Спика Девы отстоит от первой звезды Овна, то получу ее положение от весеннего равноденствия в направлении последовательности знаков

на 17 градусах 21 минуте знака Весов, где эта звезда примерно и находилась во время нашего наблюдения.

Что касается наклонности зодиака и склонений, то мы пользуемся следующим расчетом: если бы пропорциональные части составляли 60, то помещенные в таблице излишки склонений, а именно разности по отношению к наибольшей и наименьшей наклонностям, целиком придавались бы к соответствующим градусам склонений. В рассматриваемом случае единица этих долей добавляет к наклонности всего только 24 секунды. Поэтому помещенные в таблице склонения градусов зодиака в том виде, как они 40
даны, продолжают быть верными и в настоящее время, вследствие того что к нам уже приближается время минимального наклона; в другое время изменения будут гораздо заметнее.

Например, если бы простая аномалия составляла 99 градусов, какой она была бы по прошествии 80 египетских лет от рождества Христова, то пропорциональные доли равнялись бы 25. И как 60 минут относятся к 24— разности между наибольшей и наименьшей наклонностями, так будет и 25 к 10. Прибавив 10 к 28, мы получаем существовавшую в то время наклонность 23 градуса 38 минут. Если бы я хотел определить тогда склонение какой-нибудь части зодиака, например третьего градуса Тельца, отстоящего на 33 градуса от точки равноденствия, то нахожу в таблице 12 градусов 32 минуты с добавкой долей 12 шестидесятых. Но как 60 к 25, так будет и 12 к 5; прибавив их к градусам склонения, получим для 33 градусов зодиака 41
величину 12 градусов 37 минут. Таким же образом мы могли бы получить углы сечений зодиака с равноденственным кругом и прямые восхождения, но, пожалуй, лучше было бы находить их при помощи сферических треугольников, только к первым нам всегда нужно было бы прибавлять, а от вторых вычитать, чтобы все это было для своего времени более точным. 42

Глава XIII

О величине и различиях солнечного года

А что предварение равноденствий и солнцестояний совершается именно так, как мы сказали, в зависимости от изменения наклона земной оси, нас убедит еще годовое движение центра Земли вокруг Солнца, о чем еще предстоит рассуждать. Во всяком случае, необходимо следует, что если мы отнесем продолжительность года к какому-нибудь из равноденствий или солнцестояний, то она будет неодинаковой вследствие неравномерности перемещения указанных точек; и то и другое взаимно друг с другом связано. Поэтому нам нужно определить и отличать обычный год от звездного. Итак, будем называть естественным годом тот, от которого зависят наши четыре времени года, а звездным—год, в течение которого происходит возвращение

к какой-нибудь из неподвижных звезд. А что естественный год, который называют также тропическим, является неодинаковым, показывают многократные наблюдения древних.

43 Действительно, Калипп, Аристарх Самосский и Архимед Сиракузский определили, что он, кроме 365 целых дней, содержит еще четвертую часть дня; они, согласно обычаю афинян, брали начало года от летнего солнцеворота. Но К. Птолемей, замечая, что определение солнцестояний представляет много трудностей и не столь точно, не в полной мере доверялся их наблюдениям, а предпочел обратиться к Гиппарху, который оставил после себя запись наблюденных в Родосе не только солнцестояний, но и равноденствий и указал, что избыток несколько менее четвертой части дня. После этого Птолемей установил, что различие составляет тринадцатую часть дня, сделав это следующим образом.

Он положил в основу осеннее равноденствие, точнейшим образом наблюденное Гиппархом в Родосе в 177 году после смерти Александра Великого в третий вставочный день у египтян в полночь, за которой следовал четвертый вставочный день. Затем Птолемей связал с ним такое же равноденствие, наблюденное им самим в Александрии в третьем году Антонина, бывшем 463 годом после смерти Александра, в девятый день третьего египетского месяца атира приблизительно через один час после восхода Солнца. Итак, между наблюдениями его и Гиппарха прошло 285 египетских лет 70 дней и 7 часов с пятой частью часа, тогда как, если бы тропический год ровно на четверть дня разнился от целого числа дней, соответствующий промежуток времени должен был бы иметь 71 день и 6 часов. Следовательно, в течение 285 лет получился недостаток в один день без двадцатой части, откуда следует, что в течение 300 лет недостача будет равняться целому дню.

Подобное же предположение он сделал и на основании весеннего равноденствия. Действительно, упоминая, что Гиппархом было отмечено весеннее равноденствие в 178 году Александра в 27-й день мехира, шестого египетского месяца, в момент восхода Солнца, он сам в 463 году той же эры нашел, что оно произошло в седьмой день месяца пахона, девятого египетского месяца, через один час и немного более после полудня, так что равным образом в течение 285 лет получился недостаток в один день без двадцатой части. Пользуясь этими указаниями, Птолемей определил тропический год равным 365 дням 14 первым и 48 вторым шестидесятым долям дня.

44 После этого Альбатегний в сирийской Арате в 1206 году после смерти Александра, наблюдая не с меньшей тщательностью осеннее равноденствие, нашел, что оно произошло после седьмого дня месяца пахона в следующую за ним ночь приблизительно в 7 и две пятых часа, то есть за 4 и три пятых часа до восхода Солнца восьмого дня. Сравнивая это наблюдение с Птолемеевым, сделанным в третьем году Антонина через один час после восхода Солнца в Александрии, которая отстоит от Араты на десять градусов к

западу, он отнес его к своему меридиану Араты, где оно должно было произойти через один и две трети часа после восхода Солнца. Итак, в течение 743 равных лет оказалось избыточных 178 дней 17 часов и три пятых часа вместо 185 дней с тремя четвертями, полученных в результате сложения четвертей дня. По получившемуся недостатку в семь дней и две пятых одного часа оказалось, что до четверти дня недостает сто шестой части. Таким образом, взяв от семи дней и двух пятых часа одну семьсот сорок третью часть по числу лет, что составляет 13 минут 36 секунд времени, он вычел их из четверти дня и получил, что естественный год содержит 365 дней 5 часов 46 минут 24 секунды.

Также и мы наблюдали осеннее равноденствие во Фрауенбурге, который могли бы назвать Гинополем, в 1515 году от рождества Христова и 45
восемнадцатый день до календ октября. Это было после смерти Александра в 1840 египетском году в шестой день месяца фаофи через полчаса после восхода Солнца. И так как Арата от нашей местности отстоит к востоку приблизительно на 25 градусов, что составляет два часа без одной трети, то, следовательно, в промежутке между упомянутым нашим и Альбатегниевым равноденствиями прошло сверх 633 египетских лет 153 дня 6 часов и три четверти часа вместо 158 дней и 6 часов. От упомянутого александрийского наблюдения Птолемея, приведенного к тому месту и времени нашего наблюдения, прошло 1376 египетских лет 332 дня и половина часа, ибо мы приблизительно на один час отличаемся от Александрии.

Итак, от времени Альбатегния до нас в течение 633 лет выпало 5 дней без одного часа с четвертью, то есть один день за 128 лет, от Птолемея же за 1376 лет—почти 12 дней, то есть один день за 115 лет; таким образом, и там и тут продолжительность года оказалась неодинаковой. Мы также определили, что весеннее равноденствие, имевшее место в следующем году —
1516 — от рождества Христова произошло в четыре часа с третью после 46
полуночи в пятый день до мартовских ид; от упомянутого весеннего равноденствия Птолемея (произведя пересчет с александрийского меридиана на наш) прошло 1376 египетских лет 332 дня 16 с третью часа, откуда становится также ясным, что расстояния весеннего и осеннего равноденствий неодинаковы. Кроме того, многое препятствует тому, чтобы определенный таким образом солнечный год был всегда одинаковым.

Действительно, если по Птолемееву и нашему наблюдениям осеннего равноденствия при равномерном распределении между годами не хватает, как показано, сто пятнадцатой части до четверти дня, то это на полдня не будет совпадать с Альбатегниевым равноденствием. Также и то, что имело место в промежутке времени от Альбатегния до нас (где нехватка до четверти дня должна была составлять одну сто двадцать восьмую часть дня), не соответствует Птолемею, но вычисление опережает наблюденное им равноденствие приблизительно на целый день, а по сравнению с Гиппархом

даже на два дня. Точно так же если принять цифры Альбатегния для Птолемея, то его равноденствие на два дня будет отличаться от Гиппархова.

Следовательно, более правильно будет определять одинаковость солнечного года относительно сферы неподвижных звезд, что первый сделал
47 Тебит сын Хоры. Его величина равна 365 дням 15 первым и 23 вторым
шестидесятым частям дня, что составляет 6 часов 9 минут 12 секунд приблизительно, если использовать вполне правдоподобное положение, что при более медленном встречном движении точек равноденствий и солнцестояний год будет казаться более длинным, чем при более быстром, и притом в постоянном отношении, чего не могло бы быть, если бы не было одинаковости года, взятого по отношению к сфере неподвижных звезд. Поэтому не должно в этом вопросе следовать Птолемею, который считал нелепым и неподходящим определять годовое равномерное движение Солнца по возвращению к какой-нибудь из неподвижных звезд, думая что это будет не более подходящим, как если бы кто-нибудь предположил делать так по отношению к Юпитеру или Сатурну. Поэтому очевидна причина, по которой до Птолемея естественный год был длиннее, после же него вследствие многооб-
48 разных разностей он сделался короче.

По отношению к звездному, или сидерическому, году тоже может получиться ошибка, но она будет незначительной и гораздо меньше той, которую мы уже объяснили. Это по той причине, что само движение центра Земли вокруг Солнца тоже является неравномерным ввиду еще другого двоякого неравенства. Из этих двух неравенств первое и самое простое имеет годичный срок восстановления, второе же, которое изменяет первое в ту и другую сторону, было замечено не сразу, а по истечении большого промежутка времени. Поэтому определение величины среднего годового движения не является ни простым, ни легко познаваемым. Действительно, если бы кто-нибудь захотел взять его просто по определенному расстоянию от какой-нибудь звезды с известным местоположением (что можно сде-
49 лать при помощи астролябии через посредство Луны, как мы уже показали на примере Регула во Льве), то он не вполне избежит ошибки, если только Солнце вследствие движения Земли тогда или совсем не будет иметь никакого простафереза, или последний на обоих пределах случайно окажется одного рода и одинаковым по величине. Если этого не произойдет и вследствие их неравенства будет какая-нибудь разность, тогда одинаковый круговой обход, очевидно, не будет происходить в одинаковые времена. Однако будет вполне правильно, если получившееся неравенство для каждого предела будет вычтено или прибавлено в соответствии с расчетом.

Чтобы уловить эту неравномерность, необходимо предварительно знать
50 движение средней точки, которое мы и ищем, [так что мы в данном случае вращаемся как бы в Архимедовой квадратуре круга]. Однако, чтобы когда-

нибудь приступить к развязыванию этого узла, нужно знать, что для
неравномерности видимого движения мы находим всего четыре причины.
Первая заключается в неравенстве предварения равноденствий, которое
мы уже изложили; вторая, являющаяся почти годичной, заключается в том,
что Солнце на зодиаке в видимом движении отсекает неравные дуги; третья, 51
которая изменяет также и эту вторую и которую мы назовем вторым
неравенством; наконец, остается четвертая, которая изменяет положе-
ние верхней и нижней апсид центра Земли, как выяснится ниже. Из всех 52
этих причин Птолемею была известна только вторая, но она одна не мо-
жет произвести годичное неравенство и скорее делает это вместе с дру-
гими причинами.

Для выявления различий среднего и истинного движения Солнца нет надобности знать точнейшую продолжительность года; будет вполне достаточно, если мы при вычислениях примем в качестве долготы года 365 дней с четвертью, в течение которых завершается указанное движение первого неравенства; действительно, получающаяся небольшая разница с целым круговым оборотом, будучи взята входящей еще в меньшую величину, совершенно исчезает. Но ради правильного распорядка и лучшего усвоения теории мы предпошлем здесь изложение средних движений в обращении центра Земли и к ним затем при помощи необходимых доказательств присовокупим и неравенства между средним и видимым движениями.

Глава XIV

О равномерных и средних движениях в обращениях центра Земли

По данным Тебита бен Хоры мы нашли, что величина среднего равно-
мерного года лишь на одну шестидесятичную долю второго порядка и
10 долей третьего порядка будет меньше 365 дней 15 шестидесятых первого
порядка, 24—второго и 10—третьего, которые составляют 6 равноденствен-
ных часов 9 минут и 40 секунд, причем настоящая равномерность обнару-
живается при отнесении к сфере неподвижных звезд. Итак, если мы
360 градусов одного кругового оборота умножим на 365 дней и полученное
произведение разделим на 365 дней вместе с 15 шестидесятыми долями 1-го
порядка, 24—второго и 10 — третьего, то для одного египетского года по-
лучим движение, равное 5 шестидесяткам 59 градусам 44 минутам 49 се-
кундам 7 терциям 4 квартам, и шестьдесят лет подобных движений, если
отбросим целые обороты, дадут нам 5 шестидесяток 44 градуса 49 минут
7 секунд 4 терции. Затем если годовое движение распределим на 365 дней,
то получим дневное движение 59 дуговых минут 8 секунд 11 терций и 53
22 кварты. Если мы прибавим к ним среднее равномерное предварение рав-

ноденствий, то получим также равномерное движение для тропических
54 годов: годовое — 5 шестидесяток 59 градусов 45 минут 39 секунд 19 терций 9 кварт и дневное — 59 минут 8 секунд 19 терций 37 кварт. В соответствии с этим первое движение Солнца, если пользоваться обычным термином, я могу назвать простым равномерным, второе же — составным равномерным; мы представим эти движения в таблицах так же, как это сделали для предварения равноденствий. К ним прибавляется среднее движение аномалии Солнца, о котором позже.

Таблица простого равномерного движения Солнца в годах и шестидесятках лет

Египетские года	Движение						Египетские года	Движение				
	шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*			*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	5	59	44	49	7		31	5	52	9	22	39
2	5	59	29	38	14		32	5	51	54	11	46
3	5	59	14	27	21		33	5	51	39	0	53
4	5	58	59	16	28		34	5	51	23	50	0
5	5	58	44	5	35	Эпоха	35	5	51	8	39	7
6	5	58	28	54	42	Христа	36	5	50	53	28	14
7	5	58	13	43	49	4,32°31′	37	5	50	38	17	21
8	5	57	58	32	56		38	5	50	23	6	28
9	5	57	43	22	3		39	5	50	7	55	35
10	5	57	28	11	10		40	5	49	52	44	42
11	5	57	13	0	17		41	5	49	37	33	49
12	5	56	57	49	24		42	5	49	22	22	56
13	5	56	42	38	31		43	5	49	7	12	3
14	5	56	27	27	38		44	5	48	52	1	10
15	5	56	12	16	46		45	5	48	36	50	18
16	5	55	57	5	53		46	5	48	21	39	25
17	5	55	41	55	0		47	5	48	6	28	32
18	5	55	26	44	7		48	5	47	51	17	39
19	5	55	11	33	14		49	5	47	36	6	46
20	5	54	56	22	21		50	5	47	20	55	53
21	5	54	41	11	28		51	5	47	5	45	0
22	5	54	26	0	35		52	5	46	50	34	7
23	5	54	10	49	42		53	5	46	35	23	14
24	5	53	55	38	49		54	5	46	20	12	21
25	5	53	40	27	56		55	5	46	5	1	28
26	5	53	25	17	3		56	5	45	49	50	35
27	5	53	10	6	10		57	5	45	34	39	42
28	5	52	54	55	17		58	5	45	19	28	49
29	5	52	39	44	24		59	5	45	4	17	56
30	5	52	24	33	32		60	5	44	49	7	4

Таблица простого равномерного движения Солнца в днях, шестидесятках и шестидесятых частях дней

Дни	Движение					Дни	Движение				
	шести-десятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*		*шести-десятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	0	0	59	8	11	31	0	30	33	13	52
2	0	1	58	16	22	32	0	31	32	22	3
3	0	2	57	24	34	33	0	32	31	30	15
4	0	3	56	32	45	34	0	33	30	38	26
5	0	4	55	40	56	35	0	34	29	46	37
6	0	5	54	49	8	36	0	35	28	54	49
7	0	6	53	57	19	37	0	36	28	3	0
8	0	7	53	5	30	38	0	37	27	11	11
9	0	8	52	13	42	39	0	38	26	19	23
10	0	9	51	21	53	40	0	39	25	27	34
11	0	10	50	30	5	41	0	40	24	35	45
12	0	11	49	38	16	42	0	41	23	43	57
13	0	12	48	46	27	43	0	42	22	52	8
14	0	13	47	54	39	44	0	43	22	0	20
15	0	14	47	2	50	45	0	44	21	8	31
16	0	15	46	11	1	46	0	45	20	16	42
17	0	16	45	19	13	47	0	46	19	24	54
18	0	17	44	27	24	48	0	47	18	33	5
19	0	18	43	35	35	49	0	48	17	41	16
20	0	19	42	43	47	50	0	49	16	49	28
21	0	20	41	51	58	51	0	50	15	57	39
22	0	21	41	0	9	52	0	51	15	5	50
23	0	22	40	8	21	53	0	52	14	14	2
24	0	23	39	16	32	54	0	53	13	22	13
25	0	24	38	24	44	55	0	54	12	30	25
26	0	25	37	32	55	56	0	55	11	38	36
27	0	26	36	41	6	57	0	56	10	46	47
28	0	27	35	49	18	58	0	57	9	54	59
29	0	28	34	57	29	59	0	58	9	3	10
30	0	29	34	5	41	60	0	59	8	11	22

Таблица составного равномерного движения Солнца в годах и шестидесятках лет

Египетские года	Движение					Египетские года	Движение				
	шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*		*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	5	59	45	39	19	31	5	52	35	18	53
2	5	59	31	18	38	32	5	52	21	58	12
3	5	59	16	57	57	33	5	52	6	37	31
4	5	59	2	37	16	34	5	51	52	16	51
5	5	58	48	16	35	35	5	51	38	56	10
6	5	58	33	55	54	36	5	51	23	35	29
7	5	58	19	35	14	37	5	51	9	14	48
8	5	58	5	14	33	38	5	50	55	54	7
9	5	57	50	53	52	39	5	50	40	33	26
10	5	57	36	33	11	40	5	50	26	12	46
11	5	57	22	12	30	41	5	50	11	52	5
12	5	57	7	51	49	42	5	49	57	31	24
13	5	56	53	31	8	43	5	49	43	10	43
14	5	56	39	10	28	44	5	49	28	50	2
15	5	56	24	49	47	45	5	49	14	29	21
16	5	56	10	29	6	46	5	49	0	8	40
17	5	55	56	8	25	47	5	48	45	48	0
18	5	55	41	47	44	48	5	48	31	27	19
19	5	55	27	27	3	49	5	48	17	6	38
20	5	55	13	6	23	50	5	48	2	45	57
21	5	54	58	45	42	51	5	47	48	25	16
22	5	54	44	25	1	52	5	47	34	4	35
23	5	54	30	4	20	53	5	47	19	43	54
24	5	54	15	43	39	54	5	47	5	23	14
25	5	54	1	22	58	55	5	46	51	2	33
26	5	53	47	2	17	56	5	46	36	41	52
27	5	53	32	41	37	57	5	46	22	21	11
28	5	53	18	20	56	58	5	46	8	0	30
29	5	53	4	0	15	59	5	45	53	39	49
30	5	52	48	39	34	60	5	45	39	19	9

Таблица составного равномерного движения Солнца в шестидесятках и шестидесятых частях дней

Дни	Движение					Дни	Движение				
	шести-десятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*		*шести-десятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	0	0	59	8	19	31	0	30	33	18	8
2	0	1	58	16	39	32	0	31	32	26	27
3	0	2	57	24	58	33	0	32	31	34	47
4	0	3	56	33	18	34	0	33	30	43	6
5	0	4	55	41	38	35	0	34	29	51	26
6	0	5	54	49	57	36	0	35	28	59	46
7	0	6	53	58	17	37	0	36	28	8	5
8	0	7	53	6	36	38	0	37	27	16	25
9	0	8	52	14	56	39	0	38	26	24	45
10	0	9	51	23	16	40	0	39	25	33	4
11	0	10	50	31	35	41	0	40	24	41	24
12	0	11	49	39	55	42	0	41	23	49	43
13	0	12	48	48	15	43	0	42	22	58	3
14	0	13	47	56	34	44	0	43	22	6	23
15	0	14	47	4	54	45	0	44	21	14	42
16	0	15	46	13	13	46	0	45	20	23	2
17	0	16	45	21	33	47	0	46	19	31	21
18	0	17	44	29	53	48	0	47	18	39	41
19	0	18	43	38	12	49	0	48	17	48	1
20	0	19	42	46	32	50	0	49	16	56	20
21	0	20	41	54	51	51	0	50	16	4	40
22	0	21	41	3	11	52	0	51	15	13	0
23	0	22	40	11	31	53	0	52	14	21	19
24	0	23	39	19	50	54	0	53	13	29	39
25	0	24	38	28	10	55	0	54	12	37	58
26	0	25	37	36	30	56	0	55	11	46	18
27	0	26	36	44	49	57	0	56	10	54	38
28	0	27	35	53	9	58	0	57	10	2	57
29	0	28	35	1	28	59	0	58	9	11	17
30	0	29	34	9	48	60	0	59	8	19	37

Таблица аномалии равномерного солнечного движения в годах и шестидесятках лет

Египетские года	Движение						Египетские года	Движение				
	шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*			*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	5	59	44	24	46		31	5	51	56	48	11
2	5	59	28	49	33		32	5	51	41	12	58
3	5	59	13	14	20		33	5	51	25	37	45
4	5	58	57	39	7	Эпоха	34	5	51	10	2	32
5	5	58	42	3	54	Христа	35	5	50	54	27	19
6	5	58	26	28	41	211°19′	36	5	50	38	52	6
7	5	58	10	53	27		37	5	50	23	16	52
8	5	57	55	18	14		38	5	50	7	41	39
9	5	57	39	43	1		39	5	49	52	6	26
10	5	57	24	7	48		40	5	49	36	31	13
11	5	57	8	32	35		41	5	49	20	56	0
12	5	56	52	57	22		42	5	49	5	20	47
13	5	56	37	22	8		43	5	48	49	45	33
14	5	56	21	46	55		44	5	48	34	10	20
15	5	56	6	11	42		45	5	48	18	35	7
16	5	55	50	36	29		46	5	48	2	59	54
17	5	55	35	1	16		47	5	47	47	24	41
18	5	55	19	26	3		48	5	47	31	49	28
19	5	55	3	50	49		49	5	47	16	14	14
20	5	54	48	15	36		50	5	47	0	39	1
21	5	54	32	40	23		51	5	46	45	3	48
22	5	54	17	5	10		52	5	46	29	28	35
23	5	54	1	29	57		53	5	46	13	53	22
24	5	53	45	54	44		54	5	45	58	18	9
25	5	53	30	19	30		55	5	45	42	42	55
26	5	53	14	44	17		56	5	45	27	7	42
27	5	52	59	9	4		57	5	45	11	32	29
28	5	52	43	33	51		58	5	44	55	57	16
29	5	52	27	58	38		59	5	44	40	22	3
30	5	52	12	23	25		60	5	44	24	46	50

Движение солнечной аномалии в днях и шестидесятках дней

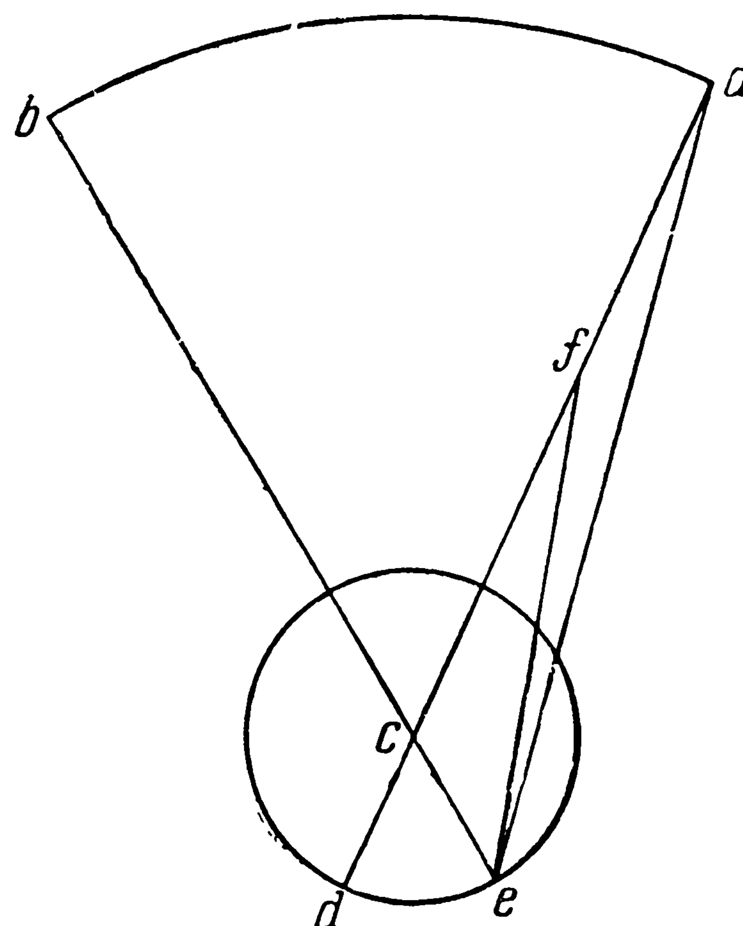
Дни	Движение					Дни	Движение				
	шести-десятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*		*шести-десятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	0	0	59	8	7	31	0	30	33	11	48
2	0	1	58	16	14	32	0	31	32	19	55
3	0	2	57	24	22	33	0	32	31	28	3
4	0	3	56	32	29	34	0	33	30	36	10
5	0	4	55	40	36	35	0	34	29	44	17
6	0	5	54	48	44	36	0	35	28	52	25
7	0	6	53	56	51	37	0	36	28	0	32
8	0	7	53	4	58	38	0	37	27	8	39
9	0	8	52	13	6	39	0	38	26	16	47
10	0	9	51	21	13	40	0	39	25	24	54
11	0	10	50	29	21	41	0	40	24	33	2
12	0	11	49	37	28	42	0	41	23	41	8
13	0	12	48	45	35	43	0	42	22	49	16
14	0	13	47	53	43	44	0	43	21	57	24
15	0	14	47	1	50	45	0	44	21	5	31
16	0	15	46	9	57	46	0	45	20	13	38
17	0	16	45	18	5	47	0	46	19	21	46
18	0	17	44	26	12	48	0	47	18	29	53
19	0	18	43	34	19	49	0	48	17	38	0
20	0	19	42	42	27	50	0	49	16	46	8
21	0	20	41	50	34	51	0	50	15	54	15
22	0	21	40	58	42	52	0	51	15	2	23
23	0	22	40	6	49	53	0	52	14	10	30
24	0	23	39	14	56	54	0	53	13	18	37
25	0	24	38	23	4	55	0	54	12	26	45
26	0	25	37	31	11	56	0	55	11	34	52
27	0	26	36	39	18	57	0	56	10	42	59
28	0	27	35	47	26	58	0	57	9	51	7
29	0	28	34	55	33	59	0	58	8	59	14
30	0	29	34	3	41	60	0	59	8	7	22

Глава XV

Предварительные теоремы для определения неравенства видимого движения Солнца

Чтобы лучше понять видимое неравенство в движении Солнца, покажем яснее, что если бы Солнце находилось в середине мира и около него, как центра, вращалась Земля (причем, как мы сказали, расстояние между Землей и Солнцем было бы неощутимо малым по сравнению с неизмеримостью сферы неподвижных звезд), то Солнце, находясь под любым знаком или звездой той же сферы, казалось бы движущимся равномерно.

Действительно, пусть *ab* будет большой круг мировой сферы в плоскости зодиака, точка *c* — его центр, в котором находится Солнце; пусть радиусом, равным расстоянию *cd* Солнца и Земли, по сравнению с которым высота мира будет неизмеримо большой, описан круг *de* в той же самой плоскости зодиака. Предполагается, что по этому кругу и происходит годичное обращение центра Земли.

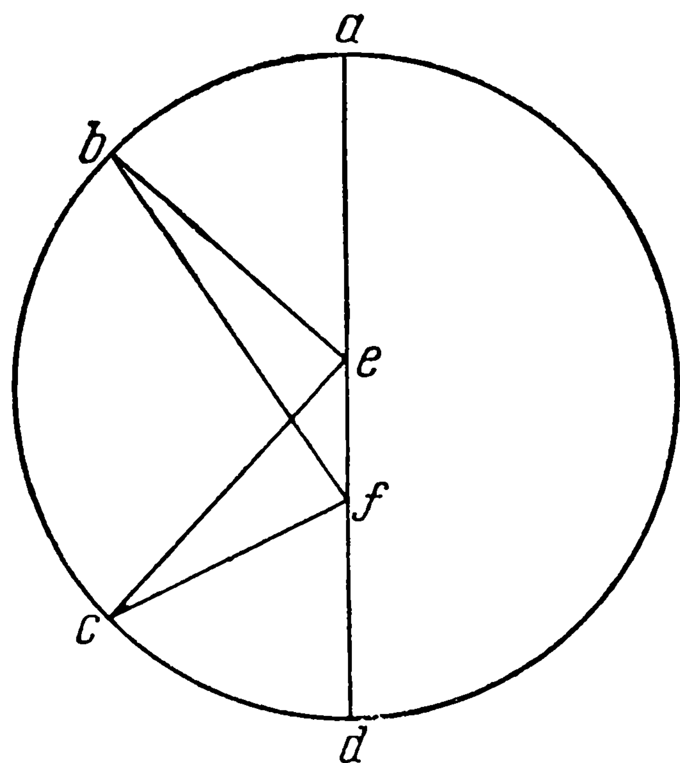


Я утверждаю, что Солнце, находясь под любым знаком или звездой, представится равномерно движущимся по кругу *ab*. Пусть оно будет под точкой *a*; от этой точки продолжим по *acd* линию зрения Солнца и Земли, находящейся в *d*. Пусть теперь Земля продвинется как-нибудь на дугу *de*; из ее конца — Земли *e* — проведем *ae* и *be*; тогда из *e* Солнце будет видимо в точке *b*. Поскольку *ac* неизмеримо велика по сравнению с *cd* или равной ей *ce*, то и *ae* будет неизмеримо великой по сравнению с *ce*.

Возьмем на *ac* какую-нибудь точку *f* и соединим *ef*. Так как теперь из концов основания *ce* вне треугольника *efc* проходят две прямые линии в точку *a*, то по предложению, обратному 21-му первой книги «Начал» Евклида, угол *fae* будет меньше угла *efc*. Так как продолженные в бесконечность прямые линии все-таки заключают между собой острый угол *cae*, такой, что его уже нельзя различить (а это будет угол, на который угол *bca* больше угла *aec*), то эти углы вследствие такой ничтожной разницы окажутся равными, а линии *ac*, *ae* параллельными. Следовательно, Солнце в любой точке звездной сферы будет двигаться равномерно, как будто бы оно вращалось около центра *e*, что и требовалось доказать.

55 Неравенство его движения обнаруживается вследствие того, что движение центра Земли в годичном обращении не происходит в точности вокруг центра Солнца. Это можно выяснить двумя способами: или при помощи эксцентрического круга, центр которого не является центром Солнца, или эпицикла на гомоцентрическом круге. При помощи эксцентрического круга объясняют так.

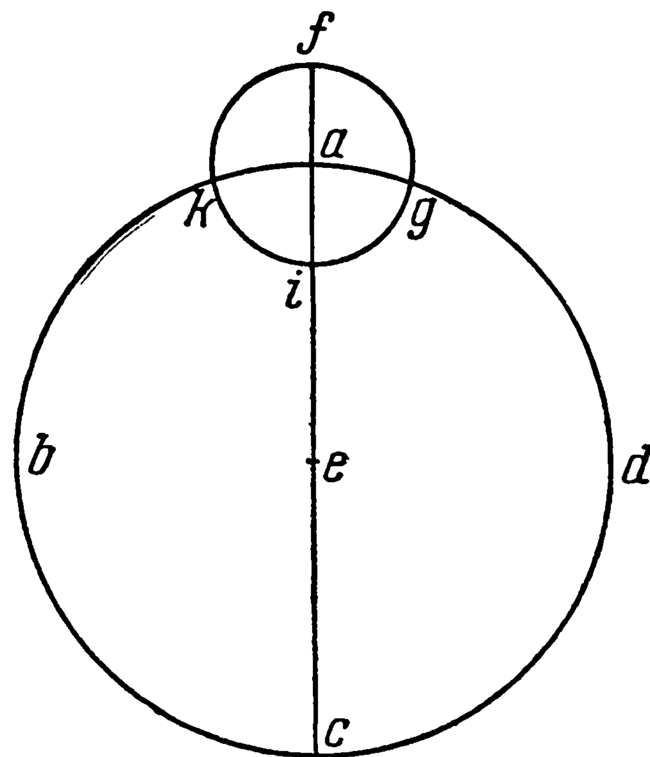
Пусть в плоскости зодиака будет эксцентрический круг *abcd*, центр *e* которого находится вне Солнца, или центра мира, на не очень малом расстоянии. Пусть этот центр будет *f*, а диаметр этого круга, проведенный через оба упомянутых центра, будет *aefd*. Пусть в *a* будет апогей, который латиняне называют верхней апсидой,— самое удаленное место от центра мира, а в *d* — перигей, самое ближнее к центру мира место, и нижняя апсида. Итак, когда Земля, как уже было сказано, движется равномерно по своей орбите вокруг центра *e*, ее движение из точки *f* представится неравномерным. Действительно, если мы возьмем равные дуги *ab* и *cd* и проведем прямые линии *be*, *ce*, *bf* и *cf*, то углы *aeb* и *ced* будут равны, ибо они опираются на равные дуги около центра *e*. Видимый угол *cfd* будет больше *ced*, как внешний по отношению к внутреннему. Следовательно, он будет больше и угла *aeb*, равного *ced*. И угол *aeb*, внешний по отношению к внутреннему *afb*, будет больше его; значит, и подавно угол *cfd* будет больше *afb*. Но оба эти угла были пройдены в одинаковое время вследствие равенства дуг *ab* и *cd*; поэтому движение будет представляться равномерным вокруг *e* и неравномерным вокруг *f*.



То же самое можно обнаружить и проще, так как дуга *ab* дальше отстоит от центра *f*, чем *cd*. На основании седьмого предложения третьей книги «Начал» Евклида линии *af*, *bf* будут длиннее чем *cf*, *df*, и, как доказывается в оптике, равные величины, находясь ближе, будут казаться большими, чем более отдаленные. Итак, предложенное относительно эксцентрического круга становится очевидным. [Доказательство было бы точно тем же самым, если бы Земля находилась в *f* в покое, а Солнце двигалось по обходящей окружности *abc*, как у Птолемея и других].

56 Это же можно получить и при помощи эпицикла на гомоцентрическом круге. Пусть центр *e* гомоцентра *abcd* будет одновременно и центром мира, в котором также находится и Солнце. Пусть точка *a* в той же плоскости будет центром эпицикла *fg*. Через оба центра проведем прямую линию *ceaf*; апогей эпицикла будет *f*, а перигей *i*. Ясно, что в *a* получается среднее дви-

жение, видимая же неравномерность производится эпициклом fg. Если a движется по направлению к b, то есть в направлении последовательности знаков зодиака, а центр Земли из апогея f — против последовательности, то e будет казаться быстрее движущейся из перигея i, так как оба движения точек a и i происходят в одну сторону; из апогея f движение e представится более медленным, поскольку e будет двигаться только побеждающим движением из двух противоположных. Находящаяся в g Земля начнет опережать среднее движение, в k же—отставать от него, и в обоих положениях — на дуги ag и ak, вследствие чего и движение Солнца покажется нам отличающимся на эти дуги.



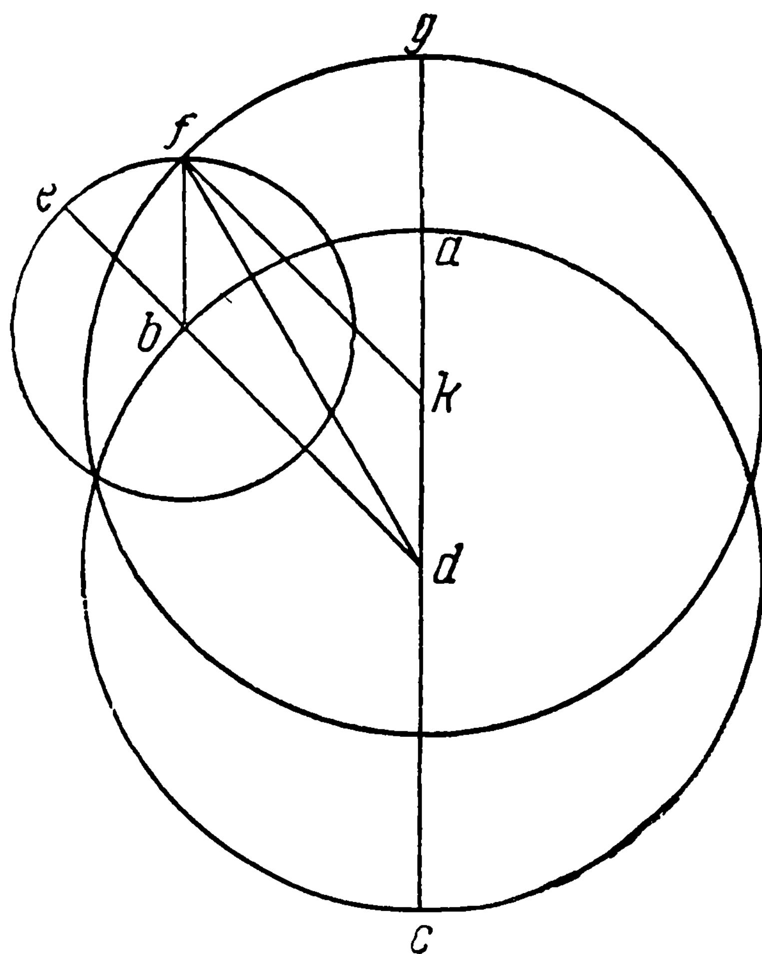
Но что производится при помощи эпицикла, может быть получено и при помощи эксцентрического круга, который описывает светило, движущееся по эпициклу. Он будет равен гомоцентрическому кругу и находится в той же плоскости, причем центр этого эксцентрического круга отстоит от центра гомоцентрического на расстояние полудиаметра эпицикла. Все это может быть осуществлено тремя способами, ибо если эпицикл на гомоцентрическом круге и светило на эпицикле совершают одинаковые круговые движения, но в противоположные друг, 57
другу стороны, то движущееся светило начертит неподвижный эксцентрический круг, причем апогей и перигей последнего будут занимать неизменные места.

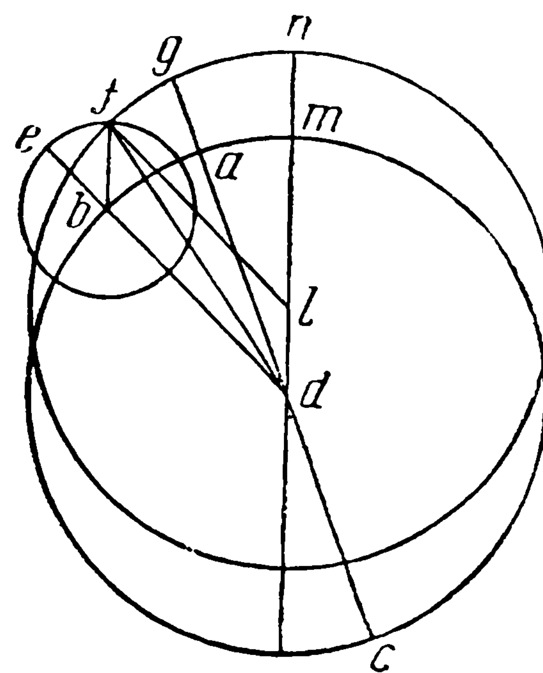
Таким образом, пусть abc представляет гомоцентрический круг *, центр мира — d, а диаметр — adc. Положим, что при нахождении эпицикла в a светило будет в апогее эпицикла — точке g, а полудиаметр последнего расположится по прямой линии dag. Возьмем дугу ab гомоцентрического круга и из центра b радиусом, равным ag, опишем эпицикл ef, продолжим по прямой db и eb и отложим подобную ab дугу ef в противоположную сторону. Пусть светило или Земля будут в f; соединим bf и на линии ad возьмем отрезок dk, равный bf. Так как углы ebf и bda равны, а вследствие этого bf и dk равны и параллельны, и если у равных и параллельных прямых концы соединяются прямыми линиями, то последние на основании 33-го предложения первой книги Евклида будут и сами равны и параллельны. Так как dk и ag положены равными, то после добавления общего ak отрезок gak будет равен akd, а следовательно, и kf. Тогда круг, описанный из центра k радиусом kag, пройдет через f. Значит, эта точка f в движении, составленном из ab и ef,

* См. левый рис. на стр. 202. *Прим. ред.*

опишет эксцентрический круг, равный гомоцентрическому, и, кроме того, неподвижный. Так, если эпицикл совершает вращения, одинаковые с гомоцентрическим кругом, то необходимо, чтобы апсиды описанного таким образом эксцентрического круга оставались на одном месте.

Если центр эпицикла и его окружность совершают неодинаковые обращения, то движение светила вычертит уже не неподвижный эксцентрический круг, а такой, центр и апсиды которого будут перемещаться против последовательности знаков зодиака или по последовательности, в зависимости от того, будет ли движение светила быстрее или медленнее движения центра своего эпицикла. Таким образом, если угол *ebf* больше *bda*,



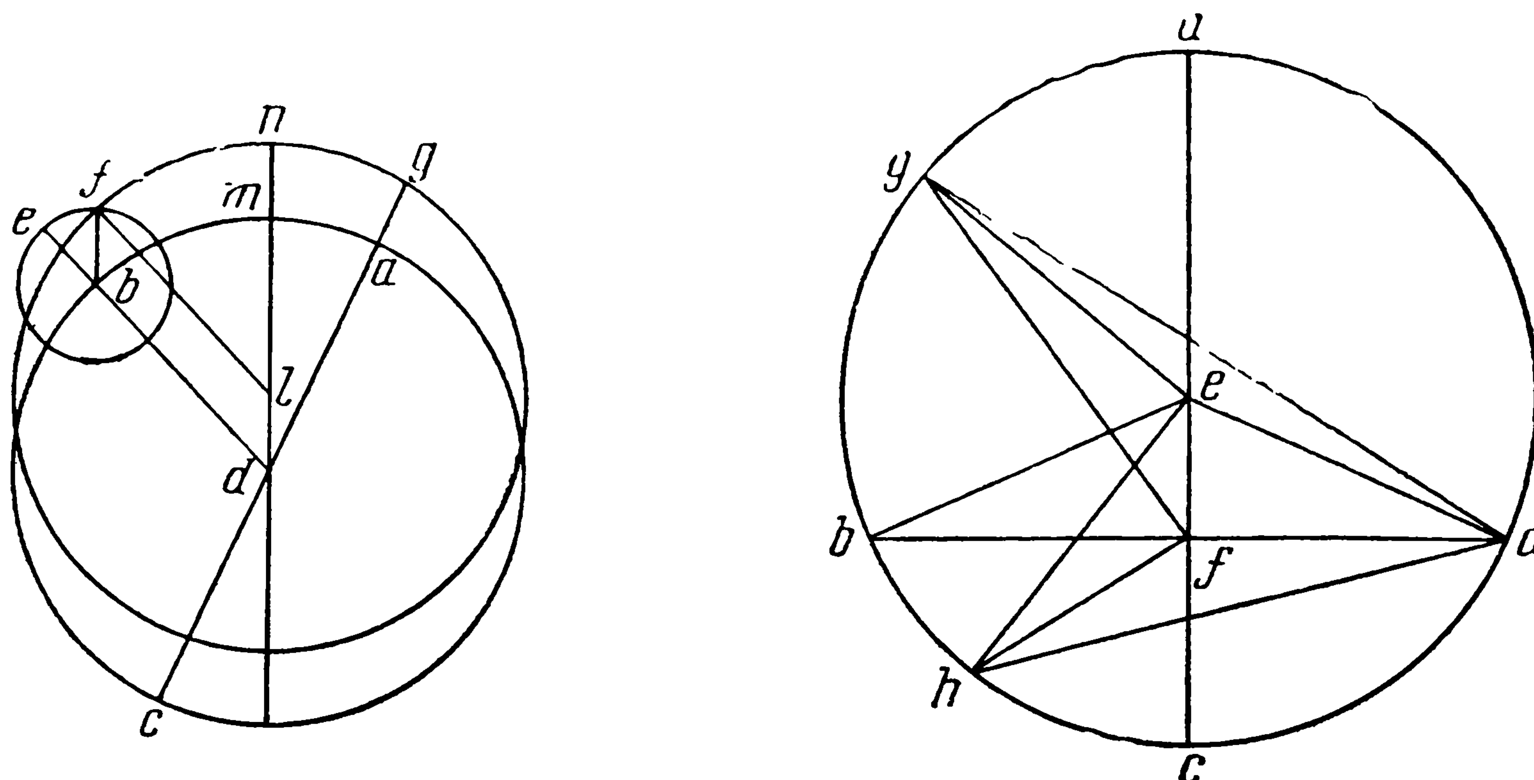


то, построив равный ему угол *bdm*, мы также докажем, что если на прямой *dm* взять *dl*, равную *bf*, то окружность, описанная из центра *l* радиусом *lmn*, равным *ad*, тоже пройдет через светило *f*. Отсюда очевидно, что дуга *nf*, описанная в составном движении светила, принадлежит эксцентрическому кругу, апогей которого из точки *g* переместился на дугу *gn* против последовательности знаков. Обратно, если движение светила по эпициклу будет более медленным, то центр эксцентрического круга передвинется в направлении последовательности знаков, то есть в ту сторону, куда движется центр эпицикла. Именно, если бы угол *ebf* был меньше угла *bda*, но равным углу *bdm**, то, очевидно, произойдет то самое, что мы и сказали.

Из всего этого ясно, что всегда получается одна и та же неравномерность видимого движения, движется ли светило по эпициклу на гомоцентрическом круге или по эксцентрическому кругу, равному гомоцентрическому, причем никакой разницы не будет, лишь бы расстояние между центрами равнялось радиусу эпицикла.

* См. левый рис. на стр. 203. *Прим. ред.*

Однако нелегко определить, какое из этих движений в действительности имеет место на небе. Птолемей, предполагавший одно простое неравенство солнечного движения и определенные постоянные положения апсид (как он полагал для Солнца), думал, что для удовлетворительного представления движения вполне будет достаточно эксцентрического круга. Для Луны же и пяти остальных планет, движущихся с двумя и более неравенствами, он приспособил эксцентрические круги с эпициклами. Из



этого легко можно показать, что наибольшая разность между средним и видимым движениями замечается, когда светило появляется посредине 58 между верхней и нижней апсидами (если пользоваться эксцентрическими кругами) или в местах его касания (если пользоваться эпициклами), как у Птолемея.

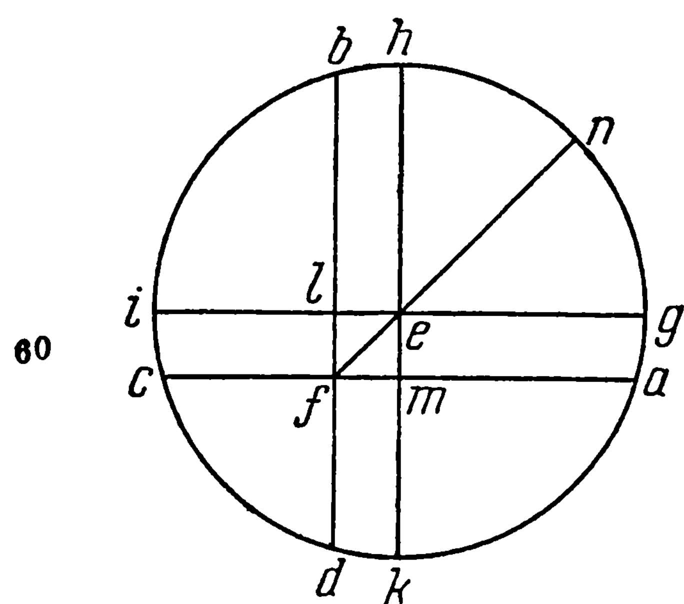
Для эксцентрического круга доказательство идет так. Пусть этот круг будет $abcd$ с центром в e, а aec — его диаметр, проходящий через находящееся вне центра Солнце f. Под прямым углом к нему через f проводим линию bfd и соединительные прямые be и ed. Пусть апогей будет a, перигей — c, а b и d средние по отношению к ним места видимого движения. Очевидно, что внешний угол aeb соответствует среднему равномерному движению, а внутренний efb — видимому и разность их будет угол ebf. Я утверждаю, что на окружности нельзя построить никакого опирающегося на ef угла, который был бы больше углов при b и d. Действительно, взяв перед b и за ней точки g и h, проведем соединительные прямые gd, ge, gf, а также he, hf, hd. Поскольку fg, как более близкая к центру, длиннее df, то угол gdf будет больше dgf. Углы edg и egd равны вследствие равенства сторон eg и ed, проведенных к основанию. Значит, и угол edf, равный ebf, будет больше угла egf. Также и df будет длиннее fh, а угол fhd более fdh. Но весь угол ehd равен всему edh, ибо eh и ed равны; значит,

остающийся угол edf, равный ebf, будет больше остающегося угла ehf. Следовательно, нигде, кроме точек b и d, нельзя на линии ef построить большего угла. Итак, наибольшая разница между равномерным и видимым движениями получается в средней точке между апогеем и перигеем.

Глава XVI

О видимом неравенстве Солнца

Все приведенное выше нужно считать доказанным вообще, поскольку это может быть приложено не только к видимому движению Солнца, но и к неравномерностям других светил. Теперь рассмотрим, что касается Солн-
59 ца и Земли, и из этого сначала то, что мы получили от Птолемея и других древних, а потом уже то, чему научили нас более недавнее время и опыт.



Птолемей нашел, что от весеннего равноденствия до солнцестояния проходит $94\,^1/_2$ дня, а от солнцестояния до осеннего равноденствия — $92^1/_2$ дня. Следовательно, отнесенное ко времени среднее равномерное движение в первом промежутке будет 93 градуса 9 минут, во втором — 91 градус 10 минут. Если так разделить
60 годовой круг $abcd$ с центром в e, то дугу ab для первого промежутка времени надо взять в 93 градуса 9 минут, а дугу bc для второго — в 91 градус 10 минут. Пусть из a наблюдается весеннее равноденствие, из b — летний солнцеворот, из c — осеннее равноденствие и из последней точки d — зимнее солнцестояние. Проведем соединяющие прямые ac и bd, которые пересекутся под прямыми углами в точке f, где мы помещаем Солнце. Так как дуга abc более полукруга и ab более bc, то Птолемей из этого заключил, что центр e круга находится между линиями bf и af, а апогей — между весенним равноденствием и летним солнцеворотом.

Через центр e проводим ieg параллельно afc; она пересечет bfd в точке l. Затем параллельно bfd проводим hek, которая пересечет af в точке m. Таким образом получится прямоугольник $lemf$, диагональ fe которого, будучи продолжена по прямой fen, укажет наибольшее удаление Земли от
61 Солнца и место апогея в n. Так как дуга abc составляет 184 градуса 19 минут, а ее половина ah — 92 градуса $9^1/_2$ минуты, то, отняв ее из agb, получим остаток hb в 59 минут. Далее, после отнятия от ah градусов, соответствующих четверти круга hg, получится в остатке дуга ag в 2 градуса 10 минут. Но половина хорды, стягивающей удвоенную ag, имеет 377 таких частей, каких в радиусе содержатся 10 000, и равна lf, половина

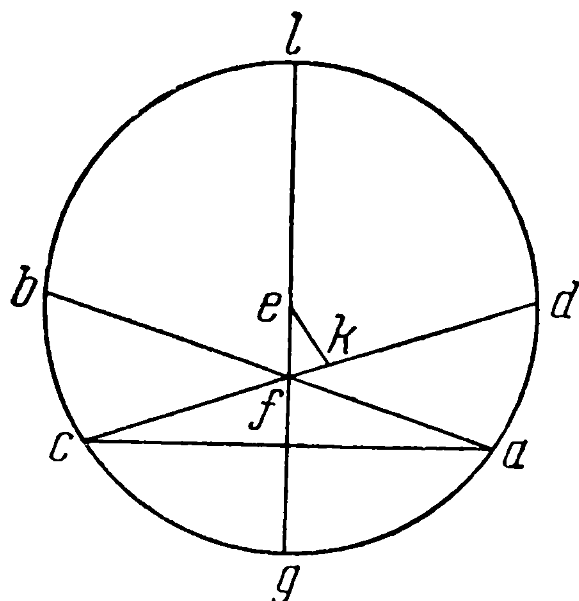
стягивающей удвоенную bh будет el, равная 172 таким же частям. Итак, в треугольнике elf по двум заданным сторонам определится гипотенуза ef, равная 414 частям, каких в радиусе будет 10 000, и составляющая одну двадцать четвертую часть радиуса ne. Но как ef и el, так будет и радиус ne к половине хорды, стягивающей удвоенную nh. Следовательно, nh оказывается равной 24 $^1/_2$ градуса, и в соответствии с этой величиной определится угол neh, равный углу lfe видимого движения. Вот на такое расстояние верхняя апсида до Птолемея предшествовала летнему солнцевороту. Но так как ik есть четверть круга, то после отнятия от него ic, dk, равных соответственно ag, hb, останется cd, равная 86 градусам 51 минуте, а после ее отнятия из cda останется дуга da в 88 градусов 49 минут. Но 86 градусам 51 минуте соответствуют 88 дней с восьмой частью, а 88 градусам 49 минутам — 90 дней с восьмой частью, то есть 3 часа. В течение этого времени при равномерном движении Земли Солнце кажется переходящим от осеннего равноденствия к зимнему солнцестоянию, а в оставшуюся часть года возвращается от зимнего солнцестояния к весеннему равноденствию. Все это по свидетельству Птолемея было найдено им совершенно так же, как и до него уже было получено Гиппархом. Поэтому он решил, что и в дальнейшее время верхняя апсида будет находиться на расстоянии 24$^1/_2$ градуса перед летним солнцеворотом, и эксцентриситет будет все время оставаться равным одной двадцать четвертой радиуса, как уже сказано. Но оказывается, что и то и другое изменилось на заметную величину.

Альбатегний заметил, что от весеннего равноденствия до летнего солнцеворота проходит 93 дня и 35 шестидесятых, до осеннего равноденствия — 186 дней 37 шестидесятых, из которых согласно правилу Птолемея получается эксцентриситет, равный не более как 346 частям, каких в радиусе содержится 10 000. В отношении эксцентриситета с ним согласен Арзахель Испанский, но он помещает апогей на 12 градусах 10 минутах перед солнцестоянием, в то время как Альбатегнию это расстояние представлялось равным 7 градусам 43 минутам перед тем же солнцестоянием. На основании этих указаний поняли, что в движении центра Земли имеется еще и другое неравенство, что подтверждается также и наблюдениями нашего времени.

Действительно, в течение более десяти лет, которые мы посвятили изучению этого вопроса, и главным образом в 1515 году от рождества Христова, мы нашли, что от весеннего равноденствия до осеннего проходит 186 дней и 5$^1/_2$ шестидесятых. Чтобы менее ошибиться в определении равноденствий (некоторые действительно подозревают, что с более ранними наблюдателями это и случилось), мы в этом исследовании кроме равноденствий добавили и некоторые другие положения Солнца, не так уже трудные для наблюдений, а именно в серединах знаков Тельца, Льва, Скорпиона и Водолея. Таким образом мы нашли, что от осеннего равноденствия до середины знака Скорпиона проходит 45 дней 16 шестидесятых, а до весеннего[62]

равноденствия — 178 дней $53^1/_2$ шестидесятых. Среднее же движение в первом промежутке составляет 44 градуса 37 минут, а во втором — 176 градусов 19 минут.

Установив это, повторим чертеж круга *abcd*. Пусть *a* будет точкой, из которой Солнце было видимо в весеннем равноденствии, *b* — точкой, откуда наблюдается осеннее равноденствие, а *c* — серединой знака Скорпиона. Проведем соединяющие прямые *ab* и *cd*, пересекающиеся в центре *f* Солнца, а также стягивающую *ac*. Итак, известна дуга *cb*, равная 44 градусам 37 минутам, и вследствие этого дан угол *bac* в градусах, 360 которых равны двум прямым, и угол видимого движения *bfc*, равный 45 градусам, 360 которых составляют четыре прямых; в переводе же на два прямых угол *bfc* будет равняться 90 градусам. Отсюда получается остающийся угол *acd*, соответствующий дуге *ad*, равный 45 градусам 23 минутам. Но весь отрезок *acb* равен 176 градусам $19^1/_2$ минуты. После отнятия *bc* в остатке получится *ac*, равная 131 градусу $42\,^1/_2$ минуты; взятая вместе с *ad*, она дает дугу *cad* в 177 градусов $5^1/_2$ минуты. Поскольку каждая из дуг *acb* и *cad* меньше полукруга, ясно, что центр будет находиться в остальной части *bd* круга; пусть он будет *e*.

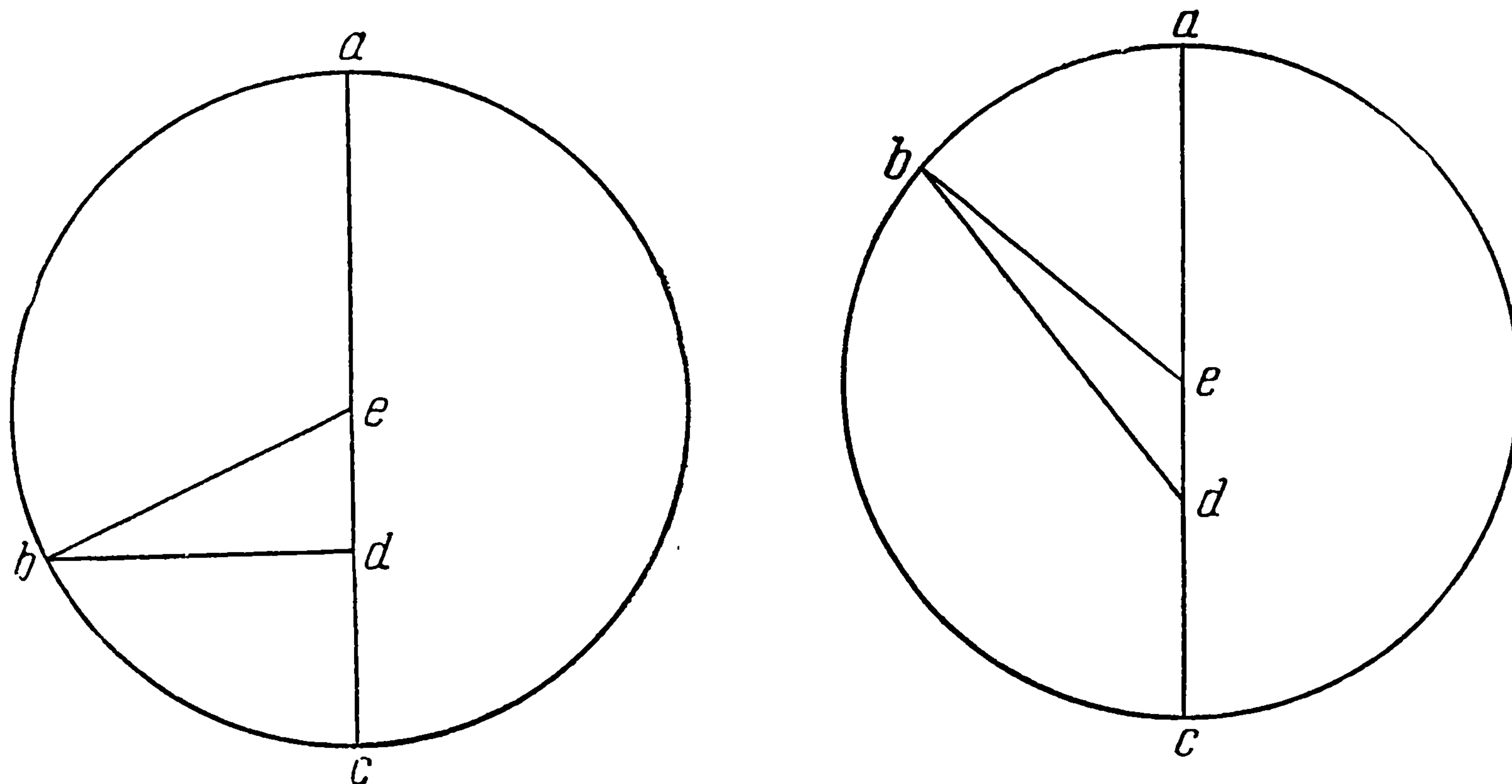


63 Проведем через *f* диаметр *lefg* и пусть *l* будет апогеем, а *g* — перигеем; проведем *ek* перпендикулярно *efd*. Для заданных дуг определятся по таблицам стягивающие; *ac* будет равна 182 494, а *cfd* — 199 934 частям, которых диаметр предполагается содержащим 200 000. Значит, в треугольнике *acfc* заданными углами согласно первому предложению о плоских треугольниках дано отношение сторон и сторона *cf*, равная 97 967 частям, каких в *ac* содержалось 182 494. Поэтому *fk* — половина разности между *cf* и *fd* — будет составлять 2000 таких же частей. И так как дуга *cad* отличается от полуокружности на 2 градуса $54^1/_2$ минуты, для которых половина стягивающей, равная *ek*, составляет 2534 части, то в треугольнике *efk* (который при задании двух сторон *fk*, *ke*, заключающих прямой угол, является треугольником с заданными сторонами и углами) *ef* будет содержать 323 части, каких в *el* будет 10 000, а угол *efk* равен 51 и двум третям градуса, каких в четырех прямых содержится 360. Следовательно, весь угол *afl* равен 96 градусам и двум третям, а остаток *bfl* — 83 градусам с третью. Значит, если положить *el* равной 60 частям, то в *ef* таких частей будет приблизительно одна и 56 шестидесятых. Таково расстояние Солнца от центра земной орбиты; оно стало равным примерно одной тридцать первой части радиуса, в то время как Птолемею оно представлялось равным одной двадцать четвертой. И апогей, который тогда на $24^1/_2$ градуса предшествовал летнему солнцестоянию, теперь следует за ним на расстоянии 6 и двух третей градуса.

Глава XVII

Определение первого, или годичного, солнечного неравенства с особыми его значениями

Поскольку в неравномерном движении Солнца обнаруживается несколько неравенств, мы считаем, что сначала нужно определить то, которое является годичным и более других известным. Для этой цели повторим построение круга *abc* с центром *e* и диаметром *aec*. Пусть *a* будет апогей, *c* — перигей и *d* — место Солнца. Доказано, что наибольшая величина неравенства между равномерным и видимым движениями получается в среднем месте видимого пути между обеими апсидами; поэтому восставим перпендикуляр *bd* к *aec*, который пересечет окружность в точке *b*, и соединим



b и *e*. Так как в прямоугольном треугольнике *bde* даны две стороны, а именно *be*, проведенная из центра к окружности, и *de* — расстояние Солнца от центра, то в этом треугольнике можно определить все углы и будет дан угол *dbe*, на который угол *bea* равномерного движения разнится с прямым углом *edb* видимого движения. Поскольку *de* делается больше или меньше, то меняется и весь образ треугольника.

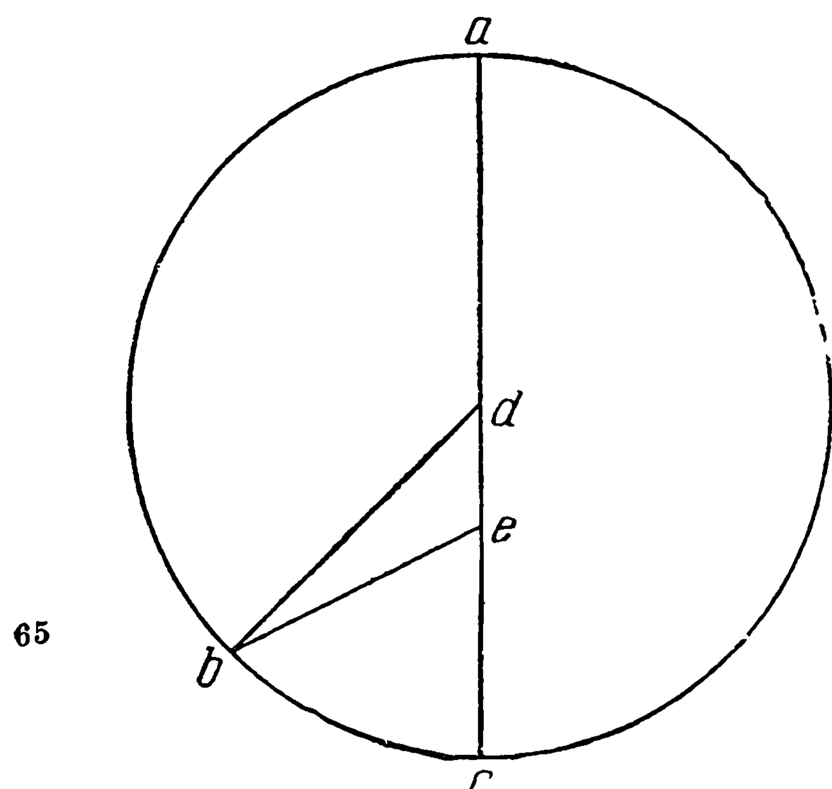
Так, до Птолемея угол *b* равнялся 2 градусам 23 минутам, при Альбатегнии и Арзахеле — 1 градусу 59 минутам, а в настоящее время — 1 градусу 51 минуте. Дугу *ab*, соответствующую углу *aeb*, Птолемей считал равной 92 градусам 23 минутам, а дугу *bc* — 87 градусам 37 минутам, у Альбатегния *ab* равнялась 91 градусу 59 минутам, *bc* — 88 градусам 1 минуте, в настоящее же время *ab* составляет 91 градус 51 минуту, а *bc* — 88 градусов 9 минут. Отсюда легко получаются и остальные неравенства. Действительно, если взять какую-нибудь другую дугу *ab*, как на следующем

чертеже, так что будут даны углы *aeb* и внутренний *bed* и обе стороны *be* и *ed*, то на основании теории прямолинейных треугольников определится угол *ebd* простафереза и разность между средним и видимым движениями, причем вследствие изменения стороны *ed* необходимо будут также меняться и эти разности, как уже было сказано.

Глава XVIII

Об уточнении равномерного движения по долготе

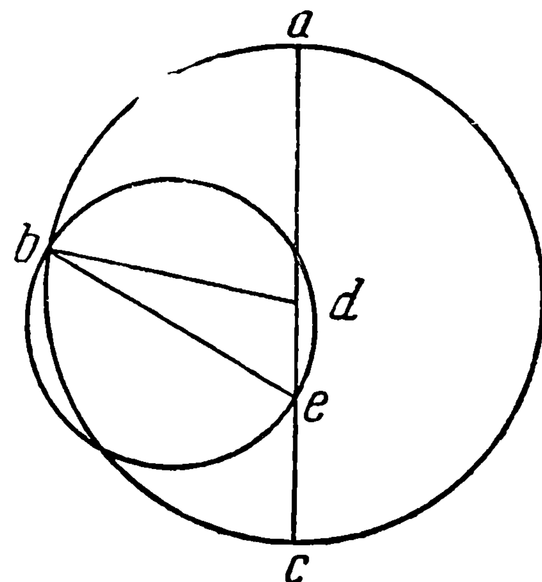
Вот это изложено о годичном неравенстве Солнца. Как мы видели, оно получается не от одной простой разности, но еще и от другой примешанной к ней, которую обнаружило течение времени. Эти разности мы отличим
64 друг от друга впоследствии. В настоящее же время постараемся среднее равномерное движение центра Земли выразить числовыми данными, которые будут тем надежнее, чем больше это движение будет освобождено от разностей неравенства и чем большее время будет охватывать рассматриваемый промежуток. Это определится следующим образом.



Мы взяли то осеннее равноденствие, которое наблюдалось Гиппархом в Александрии в 32-й год третьего Калиппова периода (это, как сказано выше, был сто семьдесят седьмой год после смерти Александра) после третьего дня из вставочных
65 в полночь, за которой следовал четвертый день. Поскольку по долготе Александрия находится примерно на один час к востоку от Кракова, то это было приблизительно за один час до полуночи. Следовательно, согласно приведенному выше исчислению место осеннего равноденствия на сфере неподвижных звезд
66 было на расстоянии 176 градусов 10 минут от головы Овна. Это и было видимое положение Солнца; оно на $114^1/_2$ градуса отстояло от верхней апсиды.

По этому образцу начертим описываемый центром Земли круг *abc* с центром *d*. Пусть *adc* будет его диаметр и на нем в *e* — место Солнца, в *a* — апогей и в *c* — перигей. Пусть *b* — будет точкой, в которой наблюдалось Солнце во время осеннего равноденствия. Проводим соединительные прямые линии *bd* и *be*. И так как угол *deb*, на который Солнце представляется отстоящим от апогея, равняется $114\ ^1/_2$ градуса и *de* тогда содержала 416 частей, каких в *bd* имеется 10 000, то треугольник *bde* на осно-

вании четвертого предложения о плоских треугольниках будет треугольником с известными углами и угол *dbe*, равный 2 градусам 10 минутам, представляет разность между углами *bed* и *bda*. Но угол *bed* равен 114 градусам 30 минутам; следовательно, *bda* равняется 116 градусам 40 минутам. Поэтому место Солнца в среднем или равномерном движении на 178 градусов 20 минут отстоит от головы Овна на сфере неподвижных звезд.



Сравним с этим осеннее равноденствие, наблюденное нами во Фрауенбурге на том же Краковском меридиане в 1515 году после рож- 67
дества Христова в восемнадцатый день до календ октября, т. е. в 1840 египетском году после смерти Александра в шестой день месяца фаофи (второго у египтян) через полчаса после восхода Солнца. В это время место осеннего равноденствия согласно вычислению и наблюденное было на 152 градусах 45 минутах на сфере неподвижных звезд, отстоя от верхней апсиды на 83 градуса и 20 минут согласно изложенному вычислению.

Построим угол *bea*, равный 83 градусам и 20 минутам, если 180 градусов составляют два прямых угла. Даны две стороны треугольника: *bd*, равная 10 000 частям, и *de*—323 частям. Тогда на основании доказанного четвертого предложения относительно плоских треугольников угол *dbe* будет приблизительно равен одному градусу 50 минутам. Поэтому, если около треугольника *bde* опишем круг, то угол *bed* в окружности составит 166 градусов и 40 шестидесятых, если два прямых угла считать за 360, а хорда *bd* будет равна 19 864 частям, каких в диаметре содержится 20 000. По заданному отношению *bd* к *de* определится длина прямой *de*, равная приблизительно 640 таким же частям и стягивающая угол *dbe*, соответствующий на окружности 3 градусам 40 минутам, а у центра — 1 градусу 50 минутам. Таков был простаферез и разность между равномерным и видимым движениями. Если мы придадим его к углу *bed*, который равнялся 83 градусам 20 минутам, то получим угол *bda* и дугу *ab* в 85 градусов 10 минут — расстояние от апогея — и отсюда — среднее положение Солнца на сфере неподвижных звезд 154 градуса 35 минут.

Между обоими наблюдениями заключаются 1662 египетских года 37 дней 18 первых и 45 вторых шестидесятых частей дня. Среднее равномерное движение, если отбросить 1660 полных оборотов, будет приблизительно 336 градусов 15 минут, что согласуется с числом, содержащимся в составленной таблице равномерных движений.

Глава XIX

Об установлении исходных пунктов равномерного движения Солнца

Итак, между смертью Александра Великого и наблюдением Гиппарха прошло 176 лет 362 дня и $27^1/_2$ шестидесятых дня, в течение которых согласно исчислению среднее движение было 312 градусов 43 минуты. Если мы вычтем их из 178 градусов 20 минут Гиппархова наблюдения, считая круг за 360 градусов, то для начала летоисчисления от смерти Александра Великого останется для полдня первого дня первого египетского месяца Тот положение ⟨осеннего равноденствия⟩ на 225 градусах 37 минутах, то же будет и на меридиане Кракова и
68 Гинетии, места нашего наблюдения.

Отсюда до начала счета римских лет Юлия Цезаря в течение 287 лет $118^1/_2$ дня среднее движение после исключения полных оборотов будет 46 градусов 28 минут, которые, будучи приложены к числовым данным Александровой эпохи, дают исходный пункт эпохи Цезаря в полночь перед январскими календами (откуда римляне ведут счет лет и дней), соответствующий 272 градусам 4 минутам. Затем через 45 лет и 12 дней (или через 323 года $130^1/_2$ дня после Александра Великого) появляется исходный пункт для рождества Христова на 272 градусах 31 минуте. Так как Христос родился в третьем году 194-й олимпиады, что от начала первой олимпиады составляет 775 лет $12^1/_2$ дня для полуночи перед январскими календами, то это таким же образом дает для начала первой олимпиады исходный пункт на 96 градусах 16 минутах в полдень первого дня месяца гекатомбеона, который по римскому летоисчислению соответствует июльским календам.

Вот так устанавливаются на сфере неподвижных звезд исходные пункты простого солнечного движения. Исходные же пункты составного движения получаются наподобие вышеуказанных после прибавления предварения равноденствий, а именно для эпохи олимпиад на 90 градусах 59 минутах, для эпохи Александра — на 226 градусах 38 минутах, для эпохи Цезаря — на 276 градусах 59 минутах и для рождества Христова — на 278 градусах 2 минутах. Все это, как мы сказали, отнесено к Краковскому меридиану.

Глава XX

О втором и двойном неравенстве, которое получается вследствие изменения апсид Солнца

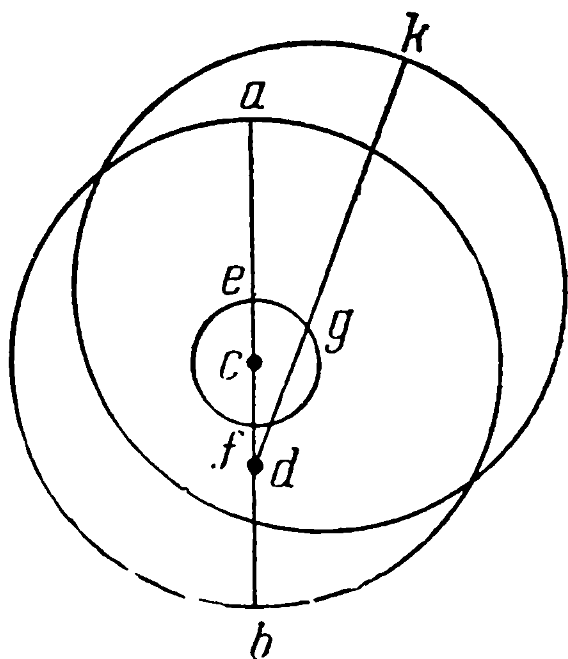
Теперь возникает еще бо́льшая трудность вследствие непостоянства солнечных апсид, которые Птолемей полагал неподвижными, а другие — следующими движению звездной сферы в соответствии с тем, что они считали движущимися и неподвижные звезды. Арзахель высказал мнение, что и это движение не является неравномерным, более того, что оно иногда даже бывает попятным. Основанием для этого было, что Альбатегний, как сказано, нашел апогей на 7 градусах 44 минутах перед солнцестоянием. Ранее за 740 лет от Птолемея движение ушло вперед приблизительно на 17 градусов, а через 200 лет без семи после Альбатегния, оно по-видимому, отступило примерно на $4^1/_2$ градуса. Поэтому он полагал, что у центра годичного обращения имеется еще и другое движение по некоторому малому кругу, вследствие которого апогей отклоняется то взад, то вперед. Такое движение производит, что центр упомянутого обращения будет находиться на неодинаковых расстояниях от центра мира. Это было достаточно изящно придумано, но тем не менее не было принято по той причине, что в общем не сходилось с другими явлениями.

Например, если рассмотреть последовательность этого движения, которое, очевидно, имело место и в течение некоторого времени до Птолемея, то приблизительно за 740 лет им было пройдено 17 градусов вперед, затем 69
в 200 лет 4 или 5 градусов назад и остальное время до нашего шло вперед, причем во все это время не было замечено никакого другого попятного движения и никаких остановок, которые необходимо должны иметь место при возвратных движениях туда и сюда. Это никоим образом не может быть объяснено с точки зрения канонического и кругового движений. На основании этого многие думают, что в их наблюдения вкралась некоторая ошибка. Однако оба математика равны по своим знаниям и аккуратности, так что нельзя решить, кому из них нужно более верить.

Я, со своей стороны, должен признаться, что нигде не встречается больших трудностей, как при определении солнечного апогея, когда нам приходится вычислять большие величины через малые и еле заметные. Действительно, в окрестностях апогея и перигея изменение на целый градус меняет в простаферезе всего только плюс или минус две минуты, а посередине между апсидами одна минута может соответствовать изменению на 5 или 6 градусов, и даже небольшая неточность может привести к большой ошибке. Поэтому, поместив апогей на 6 градусах с половиной и третью градуса в знаке Рака, мы не удовлетворились бы слепым доверием к астрономическим инструментам, если бы нас не удостоверили в этом лунные

и солнечные затмения. Они без малейшего сомнения обнаруживают всякую ошибку, которая могла бы в них скрываться.

Итак, о том, что более всего приближается к истине, мы можем заключить из общего представления об этом движении, которое происходит в направлении последовательности знаков, но является неравномерным, ибо после указанной остановки во время от Гиппарха до Птолемея апогей двигался непрерывно правильно возрастающим движением вперед вплоть до настоящего времени, за исключением того, что случилось в промежутке между Альбатегнием и Арзахелем (как думают) в результате ошибки, в то время как все прочее казалось остающимся в согласии. Действительно даже простаферез Солнца не перестает подобным образом уменьшаться, очевидно, следуя тому же закону круговращения, и оба неравенства сравниваются в соответствии с указанной первой и простой аномалией наклонности зодиака или ей подоб-
70 ной.



Чтобы это было яснее, возьмем в плоскости зодиака круг *ab* с центром в *c* и диаметром *acb*, на котором в точке *d*, как бы в центре мира, будет находиться солнечная сфера. Из центра *c* опишем еще один малый круг *ef*, не заключающий внутри себя Солнца. Представим себе, что по этому малому кругу движется центр годового движения Земли некоторым медленным движением вперед. Если круг *ef* вместе с линией *ad* будет двигаться в направлении последовательности знаков, а центр годового обращения Земли — по кругу *ef* против последовательности и оба движения будут совершаться очень медленно, то когда-нибудь этот центр годичного обращения окажется на наибольшем расстоянии *de*, а когда-нибудь — на наименьшем *df*, в первом положении — в более медленном, а во втором — в более быстром движении. В средних же дугах этот кружок будет с течением времени то увеличивать, то уменьшать расстояние центров, причем верхняя апсида будет по очереди то предшествовать, то следовать за той апсидой, или апогеем, которая находится на линии *acd* и является как бы средней. Поэтому если мы возьмем какую-нибудь дугу *eg* и из центра *g* опишем круг, равный *ab*, то верхняя апсида будет на линии *dgk* и расстояние *dg* будет меньше, чем *de*, на основании восьмого предложения третьей книги Евклида.

Так это воспроизводится при помощи эксцентра с эксцентром, при по-
71 мощи же эпицикла с эпициклом это делается так. Пусть *ab* будет гомоцентрический круг Солнца и мира, *acb* — его диаметр, на котором находится верхняя апсида. Из центра *a* описываем эпицикл *de*, а затем из центра *d* — эпицикл *fg*, по которому вращается Земля, причем все они находятся в од-

ной плоскости зодиака. Пусть движение первого эпицикла происходит в направлении последовательности знаков и совершается примерно в течение года, а движение второго эпицикла *d* будет тоже годичным, но против последовательности знаков, причем вращения их по отношению к линии *ac* будут одинаковы. Тогда центр Земли, двигаясь из *f* в направлении против последовательности знаков, немного прибавит к движению *d*. Из этого

ясно, что при нахождении Земли в *f* получается наибольший апогей Солнца, в *g* — наименьший, а в средних дугах эпицикла *fg* апогей будет идти вперед или назад, быстрее или медленнее в большей или меньшей степени, вследствие чего движение и будет представляться неравномерным, как было показано раньше для эпицикла и эксцентрического круга.

Возьмем теперь какую-нибудь дугу *ai* и в центре *i* построим эпицикл на эпицикле. Соединяющую линию *ci* продолжим по прямой *cik*, и угол *kid* будет равен углу *aci* вследствие одинаковости обоих вращений. Тогда, как мы показали выше, точка *d* опишет эксцентрический круг, равный гомоцентру *ab*, причем центр его будет в *l* и расстояние *cl* равняется *di*; точка же *f* опишет свой эксцентрический круг на расстоянии *clm*, равном *idf*;

точно так же и точка *g* — на одинаковых расстояниях *ig* и *cn*. Между тем если центр Земли уже пройдет какую-нибудь дугу *fo* второго принадлежащего ему эпицикла, то он не опишет эксцентрического круга с центром, лежащим на линии *ac*, но его центр будет лежать на прямой *lp*, параллельной *do*. Действительно, если мы соединим *oi* и *cp*, то они будут равны, но меньше, чем *if* и *cm*, и угол *dio* будет равен *lcp* на основании восьмого предложения первой книги Евклида. Вследствие этого апогей Солнца на линии *cp* будет казаться предшествующим *a*.

Отсюда также ясно, что того же можно достигнуть при помощи эксцентра вместе с эпициклом. Действительно, если мы возьмем один только первоначальный эксцентрический круг, который описал эпицикл *d* вокруг центра *l*, то центр Земли будет вращаться по окружности *fo* при соблюдении вышеупомянутых условий, то есть более медленно, чем в годовом вращении. То же самое произойдет если мы к первому эксцентру добавим, как и раньше, второй с центром в *p*. И так как столько различных способов приводят к одному и тому же числовому значению, то нелегко могу я сказать, который из них имеет место в действительности; одно только: постоянное согласие между числами и явлениями заставляет думать, что какой-нибудь из них имеет место в действительности.

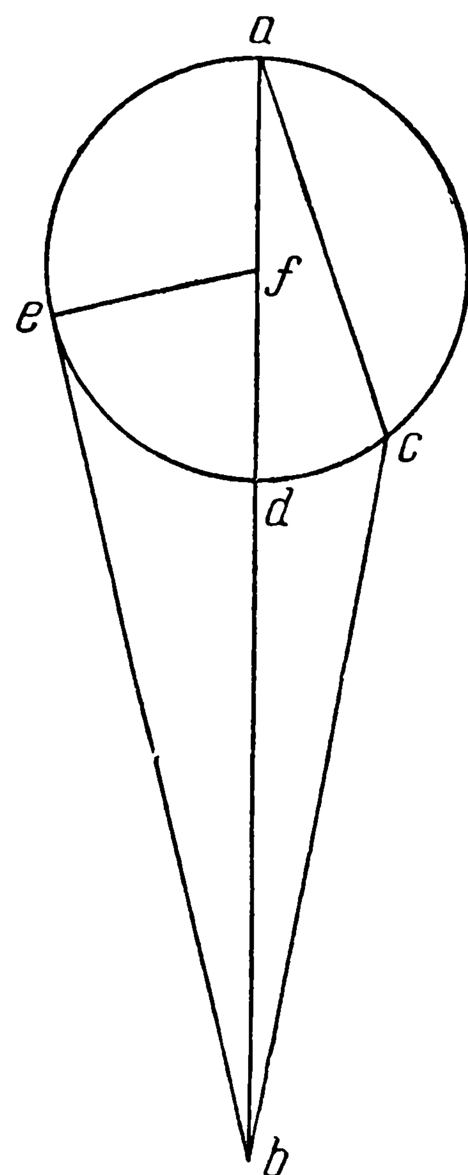
Глава XXI

О том, какова величина второй разности солнечного неравенства

Итак, поскольку уже решено, что это второе неравенство следует закону первой и простой упомянутой выше аномалии наклонности зодиака или ей подобной, то мы получили бы точные величины соответствующей разности, если бы в предшествующих наблюдениях не было некоторой ошибки. Действительно, для 1515 года от рождества Христова числовое значение простой аномалии было приблизительно 165 градусов и 39 минут, причем начальная точка ее отсчета, если произвести вычисление назад, соответствовала примерно шестидесяти четырем годам до рождества Христова. От этого времени до нас прошло 1580 лет. Для этой начальной точки нами был найден наибольший эксцентриситет, составляющий 417 частей, каких в радиусе круга будет 10 000; для нашего времени, как было показано, таких частей будет 323.

Пусть *ab* будет прямая линия, на которой в точке *b* находится Солнце и центр мира, *ab* — наибольший эксцентриситет, а *bd* — наименьший. На описанном малом круге с диаметром *ad* возьмем дугу *ac*, соответствующую первой простой аномалии, равнявшейся 165 градусам 39 минутам.

И так как нам задана длина *ab*, равная 417 частям, как было найдено для
начальной точки *a* простой аномалии, а также и *bc*, равная для
настоящего времени 323 частям, то мы будем иметь треугольник *abc* с
заданными сторонами *ab*, *bc* и с углом *cad*, равным 14 градусам 21 минуте, 72
как дополнение дуги *ac* до полуокружности. Тогда на основании доказанного о плоских треугольниках определяется последняя сторона *ac* и угол
abc, представляющий разность между средним и неравномерным движениями апогея; а так как *ac* стягивает известную дугу,
то будет также определенным и диаметр *ad* круга
acd. Действительно, при помощи угла *cad*, равного
14 градусам 21 минуте, получаем *cb*, равную 2496 ча- 73
стям, каких в диаметре круга, описанного около
треугольника, будет 10 000. Из отношения *bc* и *ab*
определится *ab*, равная 3225 таким же частям и, стягивающая угол *acb*, равный 341 градусу 26 минутам.
Так как 360 градусов соответствуют двум прямым,
то отсюда определяется и последний угол *cbd*, равный 4 градусам и 13 минутам, который стягивается
прямой *ac* в 735 частей.



Итак, *ac* будет равна приблизительно 95 частям,
каких в *ab* будет 417. Так как она стягивает заданную дугу, то можно будет найти ее отношение к *ad*,
как к диаметру. Дано, что *ad* имеет 96 частей, каких
в *adb* содержится 417, и остаток *db* равен 321 части —
минимальному расстоянию эксцентриситета. Угол же
cbd, который, как было найдено, равняется 4 градусам 23 минутам при измерении по окружности, будет
при измерении из центра равняться 2 градусам $6^1/_2$
минуты. Он представит простаферез, который нужно
отнять от среднего движения *ab* вокруг центра *b*. Проведем прямую 74
линию *be*, касающуюся круга в точке *e*, и, найдя центр *f*, соединим *ef*.
Так как в прямоугольном треугольнике *bef* дана сторона *ef*, равная 48
частям, и *bdf* — 369, то *ef* будет равна 1300 таким частям, каких в *fdb*, 75
как бы в радиусе, будет 10 000; *ef* представляет половину стягивающей
удвоенный угол *ebf*. Последний будет равен 7 градусам и 28 минутам, если
четыре прямых взять за 360 градусов. Такова наибольшая величина простафереза между средним движением *f* и видимым *e*. Отсюда можно получить и остальные частные значения разностей. Например, если бы мы предположили угол *afe* равным шести градусам, то будем иметь треугольник с
заданными сторонами *ef*, *fb* и углом *ef*, откуда получается простаферез *ebf*
равный 41 минуте. Если угол *afe* равнялся бы 12 градусам, то простаферез
будет 1 градус 23 минуты, для 18 — два градуса 3 минуты и так же для
остальных, как было сказано выше относительно годичных простаферезов.

Глава XXII

О том, как определяется среднее движение солнечного апогея вместе с неравномерным

Время, когда максимальный эксцентриситет совпадал с начальным пунктом первой и простой аномалии, соответствовало третьему году 178-й олимпиады, или 259 году после Александра Великого по египетскому счету. Тогда истинное и одновременно среднее положение апогея было на $5\,^1/_2$ градуса Близнецов, то есть на расстоянии $65^1/_2$ градуса от весеннего равноденствия, предварение же самого равноденствия (тогда истинное совпадало со средним) равнялось 4 градусам 38 минутам. Если мы вычтем их из $65^1/_2$ градуса, то для места апогея на сфере неподвижных звезд получим 60 градусов 52 минуты от головы Овна. Затем во втором году 573-й олимпиады, или 1515 году от рождества Христова, место апогея оказалось на шести и двух третях градуса Рака. Поскольку исчисленное предварение весеннего равноденствия было 27 с четвертью градуса, то после отнятия их от 96 градусов с половиной и двумя третями останется 69 градусов 25 минут. Но было показано, что при соответствующем тому времени значении первой аномалии 165 градусов 39 минут простаферез равнялся 2 градусам 7 минутам, на какое расстояние истинное положение предшествовало среднему. Таким образом, среднее положение солнечного апогея соответствовало 71 градусу 32 минутам. Значит, в промежуточное время 1580 египетских лет среднее равномерное движение апогея составляло 10 гра-
76 дусов 1 минуту. Разделив их на соответствующее число лет, мы получаем годичную долю 24 секунды 20 терций 14 кварт.

Глава XXIII

77 Об исправлении солнечной аномалии и установлении ее исходных точек

Если мы вычтем эту величину из простого годичного движения, равнявшегося 359 градусам 44^{I} 49^{II} 7^{III} 4^{IV}, то останется среднее годичное движение аномалии 359 градусов 44^{I} 24^{II} 46^{III} 50^{IV}. Если мы еще раз распределим их на 365 дней, то получим дневную долю $59^{I}8^{II}$ 7^{III} 22^{IV}, в соответствии с тем, что было выше дано в таблицах. Отсюда мы также получим эпохи апогея для исходных точек начиная от первой олимпиады. Действительно, было показано, что в 18-й день до октябрьских календ второго года 573-й олимпиады через полчаса после восхода Солнца средний апогей Солнца находился на 71 градусе 32 минутах, откуда среднее расстояние его рав-

нялось 82 градусам 58 минутам. От первой олимпиады прошло 2290 еги- 78
петских лет 281 день и 46 шестидесятых, в течение которых движение аномалии было (если отбросить целые обороты) 42 градуса 33 минуты. Если отнять их от 82 градусов 58 минут, то останется 40 градусов 25 минут для исходной точки аномалии в первой олимпиаде. Рассуждая таким же образом, как выше, мы найдем для эпохи Александра 166 градусов 38 минут, для эпохи Цезаря — 211 градусов 11 минут, для эпохи рождества Христова — 211 градусов 19 минут.

Глава XXIV

Составление таблицы неравенств среднего и видимого движений

Чтобы лучше приспособить к употреблению все, что мы показали для
среднего и видимого движений Солнца, составим также их таблицу, со- 79
держащую шестьдесят строк и шесть столбцов, или колонок. Два первых столбца, соответствующие обеим полуокружностям, а именно восходящей и нисходящей, содержат числа, возрастающие по триадам градусов, как мы делали выше, для движения равноденствий. В третьем столбце пишутся градусы неравенства движения солнечного апогея, или аномалии, каковое неравенство доходит до наибольшей величины приблизительно 7 градусов с половиной; оно дается для каждой тройки градусов. Четвертое место предоставляется пропорциональным минутам, которых всего 60; они указывают соответствующую долю избытка старших простаферезов годичной аномалии. Так как наибольший их избыток будет 32 минуты, то шестидесятая часть составит 32 секунды. Итак, в соответствии с величиной избытка (которую мы определяем при помощи эксцентриситета на основании вышеизложенного метода) мы прибавляем число шестидесятых долей к каждому числу из соответствующей триады. В пятом столбце стоят отдельные простаферезы годичного и первого неравенств, соответствующие наименьшему расстоянию Солнца от центра. В шестом и последнем столбце стоят избытки для тех, которые получаются при наибольшем эксцентриситете. Таблица эта следующая.

Таблица простаферезов Солнца

Общие числа		Простаферезы центра		Пропорциональные минуты	Простаферезы орбиты		Избытки
град	*град*	*град*	*мин*		*град*	*мин*	*мин*
3	357	0	21	60	0	6	1
6	354	0	41	60	0	11	3
9	351	1	2	60	0	17	4
12	348	1	23	60	0	22	6
15	345	1	44	60	0	27	7
18	342	2	3	59	0	33	9
21	339	2	24	59	0	38	11
24	336	2	44	59	0	43	13
27	333	3	4	58	0	48	14
30	330	3	23	57	0	53	16
33	327	3	41	57	0	58	17
36	324	4	0	56	1	3	18
39	321	4	18	55	1	7	20
42	318	4	35	54	1	12	21
45	315	4	51	53	1	16	22
48	312	5	6	51	1	20	23
51	309	5	20	50	1	24	24
54	306	5	34	49	1	28	25
57	303	5	47	47	1	31	27
60	300	6	0	46	1	34	28
63	297	6	12	44	1	37	29
66	294	6	23	42	1	39	29
69	291	6	33	41	1	42	30
72	288	6	42	40	1	44	30
75	285	6	51	39	1	46	30
78	282	6	58	38	1	48	31
81	279	7	5	36	1	49	31
84	276	7	11	35	1	49	31
87	273	7	16	33	1	50	31
90	270	7	21	32	1	51	32

Окончание

Общие числа		Простаферезы центра		Пропорциональные минуты	Простаферезы орбиты		Избытки
град	*град*	*град*	*мин*		*град*	*мин*	*мин*
93	267	7	24	30	1	50	32
96	264	7	24	29	1	50	33
99	261	7	24	27	1	50	32
102	258	7	23	26	1	49	32
105	255	7	21	24	1	48	31
108	252	7	18	23	1	47	31
111	249	7	13	21	1	45	31
114	246	7	6	20	1	43	30
117	243	6	58	18	1	40	30
120	240	6	49	16	1	38	29
123	237	6	37	15	1	35	28
126	234	6	25	14	1	32	27
129	231	6	14	12	1	29	25
132	228	6	0	11	1	25	24
135	225	5	44	10	1	21	23
138	222	5	28	9	1	17	22
141	219	5	19	7	1	12	21
144	216	4	51	6	1	7	20
147	213	4	30	5	1	3	18
150	210	4	9	4	0	58	17
153	207	3	46	3	0	53	14
156	204	3	23	3	0	47	13
159	201	3	1	2	0	42	12
162	198	2	37	1	0	36	10
165	195	2	12	1	0	30	9
168	192	1	47	1	0	24	7
171	189	1	21	0	0	18	5
174	186	0	54	0	0	12	4
177	183	0	27	0	0	6	2
180	180	0	0	0	0	0	0

Глава XXV

О вычислении видимого положения Солнца

Я полагаю, что из всего этого уже достаточно ясно, каким образом вычи-
сляется видимое положение Солнца для любого заданного времени. Дей-
ствительно, для этого времени нужно отыскать истинное положение весен-
него равноденствия или его предварение вместе с соответствующей первой
80 простой аномалией, как это мы изложили выше, затем среднее простое дви-
жение центра Земли (или, если угодно, назвать иначе — движение Солнца)
81 и годичную аномалию по таблицам средних движений. Все эти величины
прикладываются к значениям для своих установленных эпох.

Итак, получив для первой и простой аномалии ближайшее к ней число в первом или втором столбце предыдущей таблицы, ты отыщешь в третьем столбце получившийся простаферез годичной аномалии и следующие пропорциональные минуты; сохрани их. Простаферез прибавь к годичной аномалии, если первая будет менее полуокружности или ее число будет заключаться в первом столбце; в противном случае вычти. То, что получится в остатке или в сумме, будет уравненная аномалия Солнца; по ней ты снова возьми простаферез годичного круга, стоящий в пятом столбце, вместе со следующим избытком. Избыток, если он составит какую-нибудь заметную величину соответственно сохраненным ранее пропорциональным минутам, всегда придается к этому простаферезу, и получается уравненный простаферез, который вычитается из среднего положения Солнца, если число годичной аномалии находится в первом столбце или будет меньше полуокружности, и прибавляется, если оно будет больше полуокружности или содержится во втором столбце. То, что получится таким образом в сумме или разности, определит истинное положение Солнца, отсчитываемое от головы созвездия Овна. Если мы затем прибавим к нему истинное предварение весеннего равноденствия, то полученное число сейчас же укажет взятое по зодиакальному кругу расстояние Солнца от соответствующей точки равноденствия в додекатемориях, или знаках зодиака, и градусах.

Если ты захотел бы получить это другим способом, то вместо простого
движения возьми среднее составное и сделай все остальное, что сказано;
82 только вместо предварения равноденствия ты прибавишь или вычтешь его
простаферез, как этого потребуют обстоятельства. Вот таким образом получается видимое движение Солнца в предположении подвижности Земли; оно согласно с древними и позднейшими записями наблюдений и, как можно предполагать, будет в состоянии предсказать и будущее. Мы, однако, хорошо знаем и то, что если кто-нибудь стал бы предполагать центр годичного обращения неподвижным, как центр мира, а Солнце — движимым двумя движениями, подобными и равными тем, которые мы показали для

центра эксцентрического круга, то произойдут те же самые видимые явления, что и выше, и получатся те же самые числа и тот же вывод, поскольку во всем этом изменилось только само положение, в частности, что касается Солнца. Тогда абсолютным будет простое движение центра Земли вокруг центра мира, а оба остальных движения мы придадим Солнцу. Вследствие этого все же останется некоторое сомнение относительно центра мира, будет ли он, как мы вначале сказали ἀμφιβολικῶς, в Солнце или около Солнца. 83
Но об этом скажем подробнее при объяснении движений пяти планет. Тогда мы и вынесем в меру наших возможностей окончательное решение, теперь полагаем вполне достаточным дать точные и ничуть не обманчивые расчеты для видимого движения Солнца.

Глава XXVI 84

О νυχθήμερον, то есть о различиях естественных суток

Теперь относительно Солнца нам остается сказать кое-что о различиях естественных суток. Этот промежуток времени содержит 24 одинаковых часа; мы пользовались им до сих пор как общераспространенной и надежной мерой небесных движений. Одни определяют сутки как промежуток времени между двумя восходами Солнца, как халдеи и иудейская древность, другие — между двумя заходами, как афиняне, или от одной полуночи до следующей, как римляне, или от полудня до полудня, как египтяне.

Однако ясно, что в указанный промежуток времени совершается собственное вращение земного шара и еще то, что прибавляется от годичного движения вследствие видимого движения Солнца. Что этот добавок бывает неодинаковым, показывает прежде всего неравномерность видимого движения Солнца, а затем и то, что обычные естественные сутки происходят во вращении вокруг полюсов равноденственного круга, годичное же движение — по зодиакальному кругу. По этой причине этот наблюдаемый промежуток времени не может служить общей и точной мерой движения, поскольку сутки от суток отличаются и не могут быть одинаковыми во всех отношениях. Поэтому было целесообразно выбрать из них некоторые средние одинаковые сутки, которые могли бы без всяких сомнений служить мерой равномерности движения.

Поскольку в течение всего годового круга совершается 365 обращений вокруг полюсов Земли, к которым вследствие ежедневных добавок от видимого движения Солнца прибавляется почти целиком еще одно избыточное обращение, то будет вполне последовательно взять 365-ю часть этого обращения в качестве того, что нужно прибавить к естественным суткам для

получения средних. Поэтому мы должны определять и отличать средние сутки от видимых и неравных.

Итак, средними сутками мы называем такие, которые содержат полное обращение равноденственного круга и, кроме того, такую его часть, которую в соответствующее время проходит Солнце равномерным движением. Неравными, или видимыми, сутками мы назовем такие, которые содержат 360 временных градусов равноденственного круга для одного полного оборота и, кроме того, то, что добавляется на горизонте или меридиане вследствие видимого движения Солнца. Хотя разница между этими сутками незначительна и не может быть сразу замечена, однако с увеличением числа дней она становится вполне очевидной.

Причины этого две: с одной стороны, неравномерность видимого солнечного движения, с другой — неодинаковость подъема наклонного зодиака. Первая, получающаяся вследствие неравномерности видимого движения Солнца уже разъяснена, ибо в полуокружности, серединой которой является верхняя апсида, согласно Птолемею, у градусов зодиака недоставало 4 временных градуса и три четверти, а в другой полуокружности, в которой находилась нижняя апсида, было столько же лишних. Вследствие этого вся разность между обеими полуокружностям составляла 9 с половиной временных градусов.

Другая причина, касающаяся восхода и захода, обусловлена наибольшей разницей между полуокружностями двух обращений, соответствующих наибольшему и наименьшему дню. Эта разница во многих отношениях неодинакова и является особой для каждой местности. Все, что происходит начиная от полудня или от полуночи, везде содержится в четырех пределах, ибо 88 градусов от 16-го градуса Тельца до 14-го градуса Льва проходят меридиан в течение приблизительно 93 временных градусов, а 92 градуса от 14-го Льва до 16-го градуса Скорпиона проходят за 87 временных градусов, так что в одном случае не хватает пяти временных градусов, а во втором столько же лишних. Таким образом, дни, взятые в первом отрезке времени, больше дней другого отрезка на десять временных градусов, что составляет две трети часа. Совершенно то же происходит и в другой полуокружности, но в обратном порядке, причем предельные точки будут диаметрально противоположными.

Математики решили начало естественных суток брать не от восхода или захода, а от полудня или полуночи. Действительно, разность, которая получается на горизонте, очень многообразна и доходит иногда даже до нескольких часов. Кроме того, она не будет везде одинаковой, но много-
85 образно изменяется в зависимости от наклонности сферы. Что касается меридиана, то здесь все будет повсеместно одинаковым и гораздо более простым.

Итак, вся разница, происходящая от обеих указанных причин, как от неравномерности видимого движения Солнца, так и от неодинаковости

прохождения через меридиан, в эпоху до Птолемея имела начало уменьшения от середины Водолея, а увеличения — от начала Скорпиона и составляла 8 с третью временных градуса. В настоящее время она, убывая от двадцатого градуса Водолея почти до десятого градуса Скорпиона и возрастая от десятого градуса Скорпиона до двадцатого градуса Водолея, уменьшилась до семи временных градусов 48 минут. Действительно, и она изменяется со временем вследствие непостоянства перигея и эксцентриситета.

Если мы добавим к ним еще и наибольшую разность предварения равноденствий, то различие между естественными сутками за некоторое число лет может превзойти десять временных градусов. В этом заключается остававшаяся еще до сих пор неизвестной третья причина неравенства суток, вследствие того что вращение равноденственного круга оказывается равномерным по отношению к среднему равноденствию, а не по отношению к видимым равноденствиям, которые (как уже достаточно ясно) не вполне одинаковы. Таким образом, десять временных градусов после удвоения дадут один час с третью, на который наибольшие сутки могут когда-нибудь превышать меньшие. Этим можно, пожалуй, было бы и пренебречь как ничтожно малой ошибкой при расчетах годичного движения Солнца и более медленного движения остальных светил, однако им никак нельзя пренебрегать при расчетах движения Луны из-за скорости последней, которая может дать ошибку до полуградуса с третью.

Способ согласования среднего времени с видимым неравномерным, куда входят все различия, заключается в следующем. Для любого заданного времени нужно для обеих границ промежутка, а именно начала и конца, найти среднее положение Солнца, отсчитываемое от среднего равноденствия при помощи среднего его движения, которое мы назвали составным, а также видимое истинное положение его по расстоянию от истинного равноденствия, и посмотреть, какие временные градусы прямых восхождений проходят ⟨меридиан⟩ около среднего полудня или полуночи или сколько их прошло между первым и вторым истинными положениями. Если их число равно тому количеству градусов, которые заключаются между обоими средними положениями, тогда принятое видимое время равняется среднему. Если временных градусов будет больше, то соответствующий избыток прибавляется к заданному времени, если меньше, то недостаток вычитается из видимого времени. Когда это будет сделано, то полученное после сложения или вычитания число даст нам время, переведенное в среднее, если для каждого временного градуса возьмем четыре часовых минуты, или 10 три тысячи шестисотых долей дня. Также если будет дано среднее 86
время и ты хочешь узнать, какое видимое время ему соответствует, то нужно делать наоборот.

Мы имели для первой олимпиады среднее положение Солнца, отсчитываемое от среднего весеннего равноденствия, в полдень первого дня пер-

вого афинского месяца гекатомбеона равным 90 градусам 59 минутам, а расстояние от видимого равноденствия 0 градусов 36 минут Рака; для года рождества Христова среднее положение Солнца — 8 градусов 2 минуты Козерога, истинное — 8 градусов 48 минут его же. Таким образом, на прямой сфере от 0 градусов 36 минут Рака до 8 градусов 48 минут Козерога восходят 188 временных градусов 54 минуты, превышающие расстояние между средними положениями на 1 временный градус 51 минуту, которые составляют 7 минут одного часа. Также и относительно остального, при помощи чего можно точнейшим образом исследовать движение Луны, о чем мы будем говорить в следующей книге.

КНИГА ЧЕТВЕРТАЯ

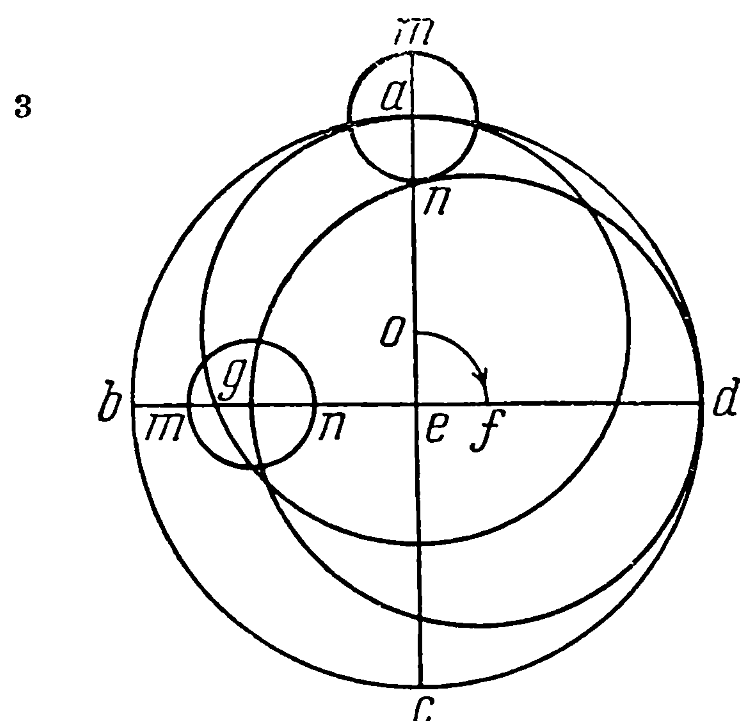
Изложив в меру наших скромных сил в предыдущей книге, как при помощи движения Земли объяснить все видимые перемещения Солнца, мы поставили нашей целью на основании тех же соображений определить различные движения всех планет. Однако теперь мы должны остановиться и заняться движением Луны. Это будет тем более необходимо, что именно при помощи ее, видимой и днем и ночью, главным образом определяются и изучаются любые положения светил. Далее, она одна из всех светил совершает в основном вокруг центра Земли свои, хотя и неравномерные, обращения и более всего сродна Земле. Это важно и потому, что сама по себе она не дает каких-либо указаний на движение Земли (разве только на суточное вращение), так что именно по этой причине больше всего и думали, что Земля является центром мира, общим для всех вращений. В изложении лунного движения мы также не расходимся с мнениями древних о том, что оно совершается вокруг Земли. Однако мы дадим и кое-что новое, отличающееся от воспринятого нами у наших предшественников и более согласное с действительностью; при помощи этого мы по возможности определим более точно также и лунное движение, [чтобы его тайны были более ясными для понимания]. 1

Глава I

Предположения о лунных кругах согласно мнению древних

Лунное движение отличается тем, что оно не следует среднему кругу знаков зодиака, но имеет свой собственный косой круг, который пересекает первый и сам им пересекается пополам, так что лунное движение отходит по широте в ту и другую сторону. Это происходит почти так же, как 2
солнцевороты в годовом движении Солнца. И действительно, чем для Солнца является год, тем для Луны будет месяц. Средние точки сечений называются эклиптическими (у иных — узлами) и происходящие в них соединения и противостояния Солнца и Луны тоже эклиптическими. Кроме них, нет других общих обоим кругам точек, в которых могли бы произойти затмения Солнца и Луны.

В других местах отклонение Луны производит то, что оба светила никак друг друга не заслоняют и, проходя мимо, одно не затмевает другого. Эта наклонная орбита Луны вместе со своими четырьмя кардинальными точками равномерно вращается вокруг центра Земли, перемещаясь ежедневно приблизительно на три градусные минуты, и завершает свое вращение на девятнадцатый год. По этой орбите и в ее плоскости Луна представляется движущейся всегда в направлении последовательности знаков, но иногда медленнее, иногда быстрее. Медленнее она движется по мере того, как поднимается в высоту, а быстрее, когда приближается к Земле; вследствие ее близости у Луны это виднее, чем у какого-нибудь другого светила. Поэтому считали,
3 что такое изменение происходит при посредстве эпицикла; пробегая по нему, Луна в верхней полуокружности уменьшает среднее движение, а в нижней увеличивает его.



Правда, доказано, что производящееся эпициклом может быть также получено и при помощи эксцентрического круга. Однако эпицикл был выбран вследствие того, что Луна кажется обладающей двумя неравенствами. Действительно, при нахождении ее в верхней или нижней апсиде эпицикла не замечается никакой разницы со средним движением. В точках же касания с эпициклом это происходит, и притом не одинаково. Значительно большие отклонения наблюдаются в первой и последней четвертях, чем в полнолунии или новолунии, причем это совершается в точной и закономерной последовательности. По этой причине полагали, что орбита, по которой движется эпицикл, не будет гомоцентрической с Землей, а представляет соединение эксцентра с эпициклом. Луна движется по нему, следуя такому закону, что во всех средних противостояниях и соединениях Солнца и Луны эпицикл находится в апогее эксцентра, в промежуточных же квадратурах — в перигее его. Таким образом, вокруг центра Земли вообразили два равномерных движения в противоположные стороны: именно эпицикла в направлении последовательности знаков, а центра эксцентрического круга и его апсид — против последовательности, причем линия среднего положения Солнца бывает всегда посередине между ними. И таким образом эпицикл в течение месяца два раза пробегает по эксцентру.

Чтобы показать это наглядно, возьмем гомоцентрический с Землей косой лунный круг *abcd*, рассеченный на четыре части диаметрами *aec* и *bed*. Пусть центр Земли будет в *e*; пусть на линии *ac* совершается среднее соединение Солнца и Луны и в том же самом месте и в то же время находится апогей эксцентрического круга, центр которого *f*, и одновременно с ним —

центр эпицикла mn. Пусть теперь апогей эксцентра будет двигаться против последовательности знаков, а эпицикл — на столько же в направлении последовательности, причем оба будут двигаться вокруг e равномерно, делая одинаковые месячные обращения по отношению к средним солнечным соединениям или противостояниям, причем линия среднего положения Солнца aec будет всегда посередине между ними, а Луна будет двигаться из апогея эпицикла против последовательности знаков. При таком устройстве полагают возможным согласовать видимые явления.

В самом деле, в то время как эпицикл в течение полумесяца опишет начиная от Солнца полукруг, а от апогея эксцентра — полный оборот, из этого последует, что посередине этого промежутка времени, то есть при Луне, разделенной пополам, они будут занимать противоположные друг другу места на диаметре bd и эпицикл на эксцентре будет в перигее, например в точке g, где, приближаясь к Земле, он произведет в неравномерном движении наибольшие разности.

Действительно, из двух одинаковых величин, находящихся на неодинаковых расстояниях, будет казаться большей та, которая ближе к глазу. Таким образом, разности будут наименьшими при нахождении эпицикла в a и наибольшими — в g, так как диаметр mn эпицикла будет иметь к линии ae наименьшее, а к ge — наибольшее отношение из всех тех, которые получаются в других местах, ибо ge будет самой короткой, а ae или равная ей de — самой длинной из прямых, которые можно провести к эксцентрическому кругу из центра Земли.

Глава II

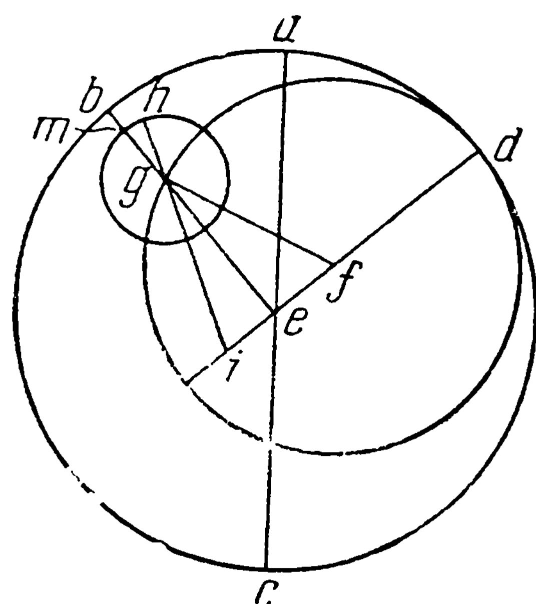
О недостатке вышеприведенных предположений

Древние приняли именно такую комбинацию кругов, как бы согласную с видимыми движениями Луны. Но если мы тщательнее обдумаем существо дела, то найдем эту гипотезу не вполне пригодной и недостаточной, что можем подтвердить и рассуждением и наглядно. Действительно, если признавать равномерным движение центра эпицикла вокруг центра Земли, то следует признать, что движение его по собственной описываемой им орбите, а именно эксцентру, должно быть неравномерным.

В самом деле, если, например, взять угол aeb 45 градусов, то есть поло- 4
вину прямого, и отложить aed, равный ему, так, чтобы весь угол bed был прямым, взять центр эпицикла в g и соединить gf, то угол gfd, очевидно будет больше gef, как внешний по отношению к противоположному ему внутреннему. Поэтому дуги dab и dg, описанные обе в одно и то же время, не будут подобными, ибо dab является четвертью окружности, а дуга dg,

которую за то же время описал центр эпицикла, будет более четверти окружности. Но когда Луна будет казаться разделенной пополам, то обе дуги *dab* и *dg* должны быть, очевидно, полуокружностями.

Следовательно, движение эпицикла по описываемому им эксцентрическому кругу будет неравномерным. Но если так, то, что мы ответим, если нам приведут аксиому: движение небесных тел является равномерным и только по видимости может представляться неравномерным? Ведь если видимое равномерное движение эпицикла в действительности было бы неравномерным, то произошло бы совершенно противоположное установленному общепринятому принципу. Если же сказать, что он равномерно движется около центра Земли и этого вполне достаточно для сохранения равномерности, то какой же будет эта равномерность, если она существует в постороннем круге, по которому его движение не совершается в действительности и не существует в собственном эксцентре?



Также, конечно, мы удивились бы и тому, что и для самой Луны на эпицикле равномерность хотят признать не по отношению к центру Земли (то есть именно к линии *egm*, к которой действительно следовало бы относить равномерность, соот-
5 ветствующую центру эпицикла), а по отношению к какой-то другой точке и что между этой точкой и центром эксцентрического круга находится посередине Земля, а линия *igh* является как бы указателем равномерности движения Луны по эпициклу, что по самому существу доказывает неравномерность рассматриваемого движения. Это заставляют признать явления, которые отчасти согласны с указанным предположением. Таким образом, если и Луна пробегает неравномерным движением свой эпицикл, то нужно заметить, какова же будет аргументация, если мы хотим объяснять неравномерность видимого движения тоже на основании неравномерностей. Ведь таким образом мы дадим только лишнее основание противникам этой теории.

Затем опыт и сами чувства учат нас, что лунные параллаксы не соответствуют тем, которых требует отношение радиусов рассматриваемых кругов. Действительно, параллаксы, которые называют также коммутациями, происходят вследствие достаточно заметной величины Земли и близкого соседства Луны. Поэтому, если мы с поверхности Земли и из ее центра проведем к Луне прямые линии, они уже не покажутся нам параллельными, а пересекутся в теле Луны под заметным углом. Поэтому необходимо должны произойти различия в виде Луны для наблюдателей, в различных местах смотрящих на нее сбоку на выпуклости Земли, и других, видящих

ее как бы из центра над своей головой. Эти коммутации изменяются в зависимости от расстояния Луны до Земли.

Согласно общему мнению всех математиков, наибольшее расстояние составляет 74 части с одной шестой, если принять за одну часть расстояние от центра Земли до ее поверхности. По соразмерности же указанных кругов наименьшее расстояние должно составлять 33 части и столько же шестидесятых, так что Луна должна бы приблизиться к нам почти на половину своего расстояния, и, следовательно, в наибольшем и наименьшем расстояниях параллаксы должны почти вдвое отличаться между собой. Но мы видим, что параллаксы, получающиеся в первой и последней четвертях, даже в перигее эпицикла очень мало или почти совсем не отличаются от тех, которые получаются при затмениях Солнца и Луны, как мы в своем месте покажем достаточно убедительно.

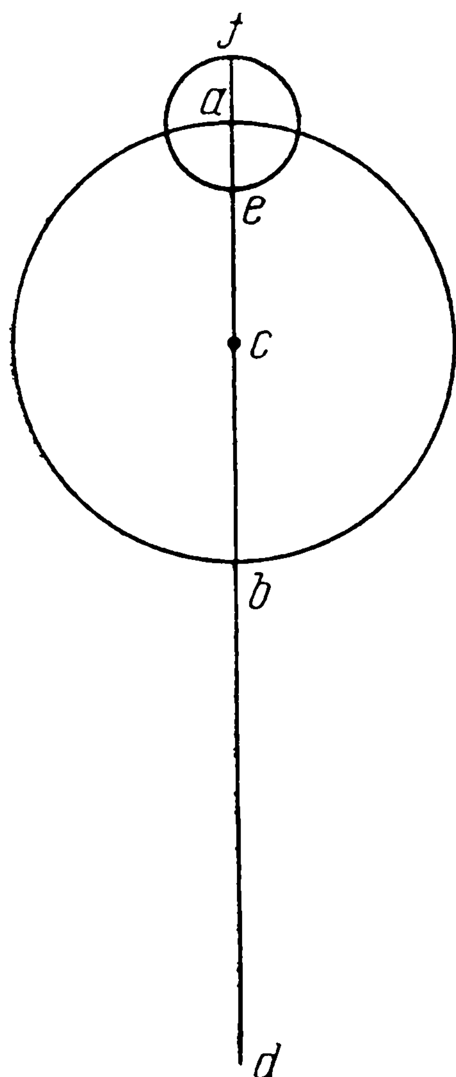
Больше всего в неправильности этого предположения убеждает нас вид диска Луны, который точно так же должен был бы казаться имеющим вдвое больший или вдвое меньший диаметр. Поскольку круги находятся в двойном отношении своих диаметров, то в квадратурах Луна, находясь 6
ближе к Земле, должна была бы казаться вчетверо большей, чем в противостоянии с Солнцем, если бы, конечно, она и тогда была полной. Но так как в квадратурах она светит только половиной, то все же она должна была бы давать вдвое больше света, чем в том же положении при полнолунии. Однако в действительности мы наблюдаем как раз противоположное, в чем может удостовериться любой, если он, не удовлетворяясь наблюдениями простым глазом, хотел бы использовать Гиппархов диоптр или какие-нибудь другие инструменты, которыми измеряется лунный диаметр. Он нашел бы, что различие будет в точности таким, какого требует один только эпицикл без указанного эксцентра. Поэтому Менелай и Тимохар при исследовании неподвижных звезд при помощи положения Луны не колебались всегда пользоваться лунным диаметром как половиной одного градуса, сколько Луна в большинстве случаев и кажется занимающей.

Глава III

Другое мнение о движении Луны

Таким образом, ясно, что эпицикл кажется большим или меньшим вследствие присутствия не эксцентра, а другого вида кругов. Действительно, пусть ab будет эпицикл, который мы назовем первым и большим; пусть центр его будет c. Из центра Земли a проведем прямую dc и продолжим ее до верхней апсиды эпицикла; из полученной точки a, как из центра, опишем другой небольшой эпицикл ef; все это — в одной и той же плоскости наклонной орбиты Луны. Пусть теперь c будет двигаться в направлении

последовательности знаков, а *a* в противоположном, Луна же из *f* — верхней части эпицикла *ef* — пусть будет двигаться также в направлении последовательности. При этом должен соблюдаться такой порядок: когда линия *dc* совпадает с направлением к среднему положению Солнца, то Луна всегда будет ближе всего к центру *c* (иными словами, будет находиться в точке *e*), а в квадратурах — в наиболее удаленной точке *f*. Я утверждаю, что при таком устройстве можно удовлетворительно представить видимые лунные движения.



Действительно, отсюда следует, что Луна дважды в месяц обегает эпицикл *ef* и в это же время точка *c* один раз возвращается на одну линию с Солнцем. Таким образом, новая и полная луна будут двигаться по наименьшему кругу, именно имеющему радиус *ce*, а в квадратурах — по наибольшему, где расстояние до центра будет *cf*. Так в одном случае она произведет большие, а в другом меньшие разности между средним и видимым движениями вследствие подобных, но неравных дуг около центра *c*. И так как центр *c* эпицикла всегда находится на гомоцентрическом с Землей круге, то он не даст чрезмерно разнящихся параллаксов, но только соответствующие этому эпициклу, и сразу станет ясной причина, по которой диск Луны будет казаться всегда как бы одинаковым. Точно так же будут происходить и все остальные явления, которые замечаются в лунном движении.

В дальнейшем мы объясним все эти явления при помощи указанного нашего предположения, хотя то же самое можно было бы получить и посредством эксцентрического круга, как мы это сделали относительно Солнца, если сохранить надлежащие пропорции. Мы начнем, как делали выше, со средних движений, без которых нельзя будет определить неравномерные. Правда, здесь представляются немалые трудности из-за параллаксов, о которых мы уже говорили, вследствие чего положение Луны нельзя определить только при помощи астролябии или каких-нибудь других инструментов. Но благосклонная природа и здесь пошла навстречу человеческому желанию в том отношении, что положения Луны еще надежнее определяются через затмения, чем при помощи инструментов, и без малейшего подозрения в ошибке.

Действительно, тогда как все остальные части мира будут чистыми и полными дневного света, ночь, как известно, представляет не что иное, как тень Земли, которая ограничивается конической фигурой и заканчивается острием; попадая в нее, Луна затмевается. Оказавшись в самой сере-

дине конуса тьмы, она, вне всякого сомнения, дойдет до места, прямо противоположного Солнцу. 7

Так же и солнечные затмения, которые производятся тем, что Луна становится между Землей и Солнцем, не представляют вполне надежных данных для определения положения Луны. Действительно, тогда мы видим соединение Луны и Солнца; однако по отношению к центру Земли вследствие упомянутой коммутации это соединение может уже произойти раньше или пока еще не наступить. Затем одно и то же затмение Солнца не во всех странах имеет одинаковую величину и продолжительность, и мы не видим его во всех своих частях одинаковым. В лунных же затмениях никаких таких помех не представляется, но везде они бывают одинаковыми, так как ось затмевающей тени проходит от Солнца через центр Земли. Поэтому лунные затмения наиболее удобны для точнейших определений движения Луны.

Глава IV

О вращениях Луны и ее особых движениях

В числе древнейших математиков, занимавшихся этим и постаравшихся передать потомству числовые данные, был Метон Афинский, расцвет жиз- 8
ни которого приходится приблизительно на тридцать седьмую олимпиаду. Он указал, что в 19 солнечных годах содержится 235 месяцев, откуда соответствующий большой год ἐννεαδεκάτερις, или девятнадцатилетие, получил название Метонова. Это число настолько стало общепринятым, что в Афинах и других выдающихся городах оно было выставлено на площади. Оно общепринято и до настоящего времени, так как полагают, что при его помощи можно точно и закономерно установить начала и концы месяцев, а также что солнечный год в 365 дней с четвертью соизмерим с этими месяцами. Отсюда появился известный Калиппов период в 76 лет, в течение которых девятнадцать раз вставляется по одному дню; соответствующий период называют Калипповым годом. Но острый ум Гиппарха выяснил, что в течение 304 лет один день оказывается лишним и соотношение будет оправдываться, только если уменьшить солнечный год на 300-ю часть дня. Этот великий год некоторые тоже назвали Гиппарховым; в течение его проходят 3760 месяцев. Все это слишком просто и сказано, как говорят, грубоватой Минервой, а иногда требуется знать восстановление аномалий и широты; поэтому тот же самый Гиппарх продолжал свои исследования далее. Именно, сравнив записи тщательнейше им самим наблюденных лунных затмений с полученными им от халдеев, время, в течение которого происходит одновременно возвращение и месяцев и аномалий, он определил равным 345 египетским годам 82 дням и одному ча-

су; в течение этого времени проходят 4267 месяцев и совершается 4573 оборота аномалии. Если полученное количество дней разделить на число месяцев (а мы имеем всего 126 007 дней и один час), то окажется, что один месяц будет равен 29 дням и 31 первым, 50 вторым, 8 третьим, 9 четвертым
9 и 20 пятым шестидесятым частям дня.

При помощи этого отношения можно найти движение за любой промежуток времени. Разделив 360 градусов одного месячного оборота на продолжительность месяца, мы получаем дневное движение Луны относительно Солнца, равное 12 градусам 11 минутам 26 секундам 41 терции 20 квартам и 18 квинтам. Взяв это 365 раз, мы получим сверх двенадцати полных оборотов годовое движение 129 градусов 37 минут 21 секунду 28 терций 29 кварт. Затем, поскольку 4267 месяцев и 4573 оборота аномалии выражаются не взаимно простыми числами, ибо они имеют общей мерой 17, соответствующее отношение в наименьших числах будет 251 к 269. В этом отношении на основании 15-й теоремы пятой книги Евклида будет находиться бег Луны к движению аномалии. Таким образом, если мы умножим движение Луны на 269 и полученное разделим на 251, то получим годичное движение аномалии, равное сверх 13 целых оборотов 88 градусам 43 минутам 8 секундам 40 терциям 20 квартам, и отсюда дневное движение — 13 градусов 3 минуты 53 секунды 56 терций 29 кварт.

Для возвращения широты имеется другое отношение. Оно не завершается в течение установленного выше времени восстановления аномалии. Возвращение широты Луны мы можем считать установленным, только когда последующее затмение Луны будет во всех отношениях одинаковым и подобным первому; иными словами, если у обоих будут в той же самой части одинаковые затемнения, а именно и по величине и по продолжительности, что происходит, когда расстояния Луны от верхней и нижней апсид бывают одинаковыми. Тогда только можно установить, что через Луну прошли одинаковые тени и в одно и то же время. Такое возвращение, по Гиппарху, происходит по истечении 5458 месяцев, которым соответствуют 5923 возвращения.

При помощи этого соотношения были определены частные значения для движения по широте в годы и дни, как и другие. Действительно, если движение Луны относительно Солнца мы умножим на 5923 месяца и полученное разделим на 5458, то получим годовое движение широты Луны сверх 13 оборотов 148 градусов 42 минут 46 секунд 49 терций 3 кварт, а дневное — 13 градусов 13 минут 45 секунд 39 терций 40 кварт. Вот таким образом
10 определил средние движения Луны Гиппарх; до него никто ближе не подошел к ним.

Однако, как показали последующие века, не все эти числа представили движения Луны совершенно точно. Действительно, Птолемей для среднего движения Луны относительно Солнца нашел ту же величину, что и

Гиппарх, годовое же движение аномалии он получил с недостатком в
[1 секунду] 11 терций 39 кварт, а годовое движение широты с избытком 11
в 53 терции 41 кварту. Мы по истечении еще большего времени нашли, что
и среднее годовое движение, данное Гиппархом, отстает на 1 секунду 2
терции 49 кварт, у аномалии же до его значения не хватает только 24 тер-
ций 49 кварт. Движение по широте имеет излишними 1 секунду 1 терцию 12
42 кварты. Таким образом, разность среднего движения Луны и движения 13
Земли будет для годового — $129^\circ\ 37'\ 22''\ 32'''\ 40^{IV}$, аномалии — $88^\circ\ 43'\ 9''$
$5'''\ 9^{IV}$, по широте — $148^\circ\ 42'\ 45''\ 17'''\ 21^{IV}$.

14 *Движение Луны в годах и шестидесятках лет*

	Египетские года	Движение					Рукопись			Египетские года	Движение					Рукопись	
		шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*	*сек*	*терц*			*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*	*сек*	*терц*
	1	2	9	37	22	36	22	32		31	0	58	18	40	48	38	52
	2	4	19	14	45	12	45	5		32	3	7	56	3	25	1	25
	3	0	28	52	7	49	7	38		33	5	17	33	26	1	23	58
	4	2	38	29	30	25	30	10		34	1	27	10	48	38	46	30
	5	4	48	6	53	2	53	43		35	3	36	48	11	14	9	3
	6	0	57	44	15	38	15	16		36	5	46	25	33	51	31	36
	7	3	7	21	38	14	37	48		37	1	56	2	56	27	54	8
	8	5	16	59	0	51	0	21		38	4	5	40	19	3	16	41
	9	1	26	36	23	27	22	54		39	0	15	17	41	40	39	14
	10	3	36	13	46	4	45	26		40	2	24	55	4	16	1	46
	11	5	45	51	8	40	7	59		41	4	34	32	26	53	24	19
	12	1	55	28	31	17	31	32		42	0	44	9	49	29	46	52
	13	4	5	5	53	53	53	4		43	2	53	47	12	5	9	24
	14	0	14	43	16	29	15	37		44	5	3	24	34	42	31	57
	15	2	24	20	39	6	38	10	Эпоха Христа 3,29°58′	45	1	13	1	57	18	54	30
15	16	4	33	58	1	42	0	42		46	3	22	39	19	55	17	2
	17	0	43	35	24	19	23	15		47	5	32	16	42	31	39	35
	18	2	53	12	46	55	45	48		48	1	41	54	5	8	2	8
	19	5	2	50	9	31	8	20		49	3	51	31	27	44	24	40
	20	1	12	27	32	8	30	53		50	0	1	8	50	20	47	13
	21	3	22	4	54	44	53	26		51	2	10	46	12	57	9	46
	22	5	31	42	17	21	15	58		52	4	20	23	35	33	32	18
	23	1	41	19	39	57	38	31		53	0	30	0	58	10	54	51
	24	3	50	57	2	34	1	4		54	2	39	38	20	46	17	24
	25	0	0	34	25	10	23	36		55	4	49	15	43	22	39	56
	26	2	10	11	47	46	46	9		56	0	58	53	5	59	2	29
	27	4	19	49	10	23	8	42		57	3	8	30	28	35	25	2
	28	0	29	26	32	59	31	14		58	5	18	7	51	12	47	34
	29	2	39	3	55	36	53	47		59	1	27	45	13	48	0	7
	30	4	48	41	18	12	16	20		60	3	37	22	36	25	32	40

Движение Луны в днях, шестидесятках и шестидесятых частях дня

Дни	Движение					Дни	Движение				
	шести-десятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*		*шести-десятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	0	12	11	26	41	31	6	17	54	47	26
2	0	24	22	53	23	32	6	30	6	14	8
3	0	36	34	20	4	33	6	42	17	40	49
4	0	48	45	46	46	34	6	54	29	7	31
5	1	0	57	13	27	35	7	6	40	34	12
6	1	13	8	40	9	36	7	18	52	0	54
7	1	25	20	6	50	37	7	31	3	27	35
8	1	37	31	33	32	38	7	43	14	54	17
9	1	49	43	0	13	39	7	55	26	20	58
10	2	1	54	26	55	40	8	7	37	47	40
11	2	14	5	53	36	41	8	19	49	14	21
12	2	26	17	20	18	42	8	32	0	41	3
13	2	38	28	47	0	43	8	44	12	7	44
14	2	50	40	13	41	44	8	56	23	34	26
15	3	2	51	40	22	45	9	8	35	1	7
16	3	15	3	7	4	46	9	20	46	27	49
17	3	27	14	33	45	47	9	32	57	54	30
18	3	39	26	0	27	48	9	45	9	21	12
19	3	51	37	27	8	49	9	57	20	47	53
20	4	3	48	53	50	50	10	9	32	14	35
21	4	16	0	20	31	51	10	21	43	41	16
22	4	28	11	47	13	52	10	33	55	7	58
23	4	40	23	13	54	53	10	46	6	34	40
24	4	52	34	40	36	54	10	58	18	1	21
25	5	4	46	7	17	55	11	10	29	28	2
26	5	16	57	33	59	56	11	22	40	54	43
27	5	29	9	0	40	57	11	34	52	21	25
28	5	41	20	27	22	58	11	47	3	48	7
29	5	53	31	54	3	59	11	59	15	14	48
30	6	5	43	20	45	60	12	11	26	41	31

Движение лунной аномалии в годах и шестидесятках лет

Египетские года	Движение					Рукопись		Египетские года	Движение					Рукопись	
	шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*	*сек*	*терц*		*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*	*сек*	*терц*
1	1	28	43	9	7	9	5	31	3	50	17	42	44	41	39
2	2	57	26	18	14	18	10	32	5	19	0	51	52	50	44
3	4	26	9	27	21	27	15	33	0	47	43	0	59	59	49
4	5	54	52	36	29	36	20	34	2	16	27	10	6	8	55
5	1	23	35	45	36	45	25	35	3	45	10	19	13	18	0
6	2	52	18	54	43	54	30	36	5	13	53	28	21	27	5
7	4	21	2	3	59	3	36	37	0	42	36	37	28	36	10
8	5	49	45	12	58	12	41	38	2	11	19	46	35	45	15
9	1	18	28	22	5	21	46	39	3	40	2	55	42	54	20
10	2	47	11	31	12	30	51	40	5	8	46	4	50	3	26
11	4	15	54	40	19	39	56	41	0	37	29	13	57	12	31
12	5	44	37	49	27	49	1	42	2	6	12	23	4	21	36
13	1	13	20	58	34	58	6	43	3	34	55	32	11	30	41
14	2	42	4	7	41	7	12	44	5	3	38	41	19	39	46
15	4	10	47	16	48	16	17	45	0	32	21	50	26	48	51
16	5	39	30	25	56	25	22	46	2	1	4	59	33	57	56
17	1	8	13	35	3	34	27	47	3	29	48	8	40	7	2
18	2	36	56	44	10	43	32	48	4	58	31	17	48	16	7
19	4	5	39	53	17	52	37	49	0	27	14	26	55	25	12
20	5	34	23	2	25	1	43	50	1	55	57	36	2	34	17
21	1	3	6	11	32	10	48	51	3	24	40	45	9	43	22
22	2	31	49	20	39	19	53	52	4	53	23	54	17	52	27
23	4	0	32	29	46	28	58	53	0	22	7	3	24	1	32
24	5	29	15	38	54	38	3	54	1	50	50	12	31	10	38
25	0	57	58	48	1	47	8	55	3	19	33	21	38	19	43
26	2	26	41	57	8	56	13	56	4	48	16	30	46	28	48
27	3	55	25	6	15	5	19	57	0	16	59	39	53	37	53
28	5	24	8	15	23	14	24	58	1	45	42	49	0	46	58
29	0	52	51	24	30	23	29	59	3	14	25	58	7	56	3
30	2	21	34	33	37	32	34	60	4	43	9	7	15	5	9

Движение лунной аномалии в шестидесятках и шестидесятых частях дня

Дни	Движение					Дни	Движение				
	шести-десятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*		*шести-десятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	0	13	3	53	56	31	6	45	0	52	11
2	0	26	7	47	53	32	6	58	4	46	8
3	0	39	11	41	49	33	7	11	8	40	4
4	0	52	15	35	46	34	7	24	12	34	1
5	1	5	19	29	42	35	7	37	16	27	57
6	1	18	23	23	39	36	7	50	20	21	54
7	1	31	27	17	35	37	8	3	24	15	50
8	1	44	31	11	32	38	8	16	28	9	47
9	1	57	35	5	28	39	8	29	32	3	43
10	2	10	38	59	25	40	8	42	35	57	40
11	2	23	42	53	21	41	8	55	39	51	36
12	2	36	46	47	18	42	9	8	43	45	33
13	2	49	50	41	14	43	9	21	47	39	29
14	3	2	54	35	11	44	9	34	51	33	26
15	3	15	58	29	7	45	9	47	55	27	22
16	3	29	2	23	4	46	10	0	59	21	19
17	3	42	6	17	0	47	10	14	3	15	15
18	3	55	10	10	57	48	10	27	7	9	12
19	4	8	14	4	53	49	10	40	11	3	8
20	4	21	17	58	50	50	10	53	14	57	5
21	4	34	21	52	46	51	11	6	18	51	1
22	4	47	25	46	43	52	11	19	22	44	58
23	5	0	29	40	39	53	11	32	26	38	54
24	5	13	33	34	36	54	11	45	30	32	51
25	5	26	37	28	32	55	11	58	34	26	47
26	5	39	41	22	29	56	12	11	38	20	44
27	5	52	45	16	25	57	12	24	42	14	40
28	6	5	49	10	22	58	12	37	46	8	37
29	6	18	53	4	18	59	12	50	50	2	33
30	6	31	56	58	15	60	13	3	53	56	30

Движение Луны по широте в годах и шестидесятках лет

Египетские года	Движение					Рукопись		Эпоха Христа 2, 9°45′	Египетские года	Движение					Рукопись	
	шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*	*сек*	*терц*			*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*	*сек*	*терц*
1	2	28	42	45	17	44	31		31	4	50	5	23	57	0	4
2	4	57	25	30	34	29	2		32	1	18	48	9	14	44	35
3	1	26	8	15	52	13	33		33	3	47	30	54	32	29	6
4	3	54	51	1	9	58	4		34	0	16	13	39	48	13	37
5	0	23	33	46	26	42	35		35	2	44	56	25	6	58	8
6	2	52	16	31	44	27	6		36	5	13	39	10	24	42	39
7	5	20	59	17	1	11	37		37	1	42	21	55	41	27	10
8	1	49	42	2	18	56	8		38	4	11	4	40	58	11	41
9	4	18	24	47	36	40	39		39	0	39	47	26	16	56	12
10	0	47	7	32	53	25	11		40	3	8	30	11	33	40	44
11	3	15	50	18	10	9	42		41	5	37	12	56	50	25	15
12	5	44	33	3	28	51	13		42	2	5	55	42	8	9	46
13	2	13	15	48	45	38	44		43	4	34	38	27	25	54	17
14	4	41	58	34	2	23	15		44	1	3	21	12	42	38	48
15	1	10	41	19	20	7	46		45	3	32	3	58	0	23	19
16	3	39	24	4	37	52	17		46	0	0	46	43	17	7	50
17	0	8	6	49	54	36	48		47	2	29	29	28	34	57	21
18	2	36	49	35	12	21	19		48	4	58	12	13	52	36	52
19	5	5	32	20	29	5	50		49	1	26	54	59	8	21	23
20	1	34	15	5	46	50	22		50	3	55	37	44	26	5	55
21	4	2	57	51	4	34	53		51	0	24	29	29	44	50	26
22	0	31	40	36	21	19	24		52	2	53	3	15	1	34	57
23	3	0	23	21	38	3	55		53	5	21	46	0	18	19	28
24	5	29	6	6	56	48	26		54	1	50	28	45	36	3	59
25	1	57	48	52	13	32	57		55	4	19	11	30	53	18	30
26	4	26	31	37	30	17	28		56	0	47	54	16	10	33	1
27	0	55	14	22	48	1	59		57	3	16	37	1	28	17	32
28	3	23	57	8	5	46	30		58	5	45	19	46	45	2	3
29	5	52	39	53	22	31	1		59	2	14	2	32	2	46	34
30	2	21	12	38	40	15	33		60	4	42	45	17	21	31	6

Движение луны по широте в шестидесятках и шестидесятых частях дня

Дни	Движение					Дни	Движение				
	шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*		*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	0	13	13	45	39	31	6	50	6	35	20
2	0	26	27	31	18	32	7	3	20	20	59
3	0	39	41	16	58	33	7	16	34	6	39
4	0	52	55	2	37	34	7	29	47	52	18
5	1	6	8	48	16	35	7	43	1	37	58
6	1	19	22	33	56	36	7	56	15	23	37
7	1	32	36	19	35	37	8	9	29	9	16
8	1	45	50	5	14	38	8	22	42	54	56
9	1	59	3	50	54	39	8	35	56	40	35
10	2	12	17	36	33	40	8	49	10	26	14
11	2	25	31	22	13	41	9	2	24	11	54
12	2	38	45	7	52	42	9	15	37	57	33
13	2	51	58	53	31	43	9	28	51	43	13
14	3	5	12	39	11	44	9	42	5	28	52
15	3	18	26	24	50	45	9	55	19	14	31
16	3	31	40	10	29	46	10	8	33	0	11
17	3	44	53	56	9	47	10	21	46	45	50
18	3	58	7	41	48	48	10	35	0	31	29
19	4	11	21	27	28	49	10	48	14	17	9
20	4	24	35	13	7	50	11	1	28	2	48
21	4	37	48	58	46	51	11	14	41	48	28
22	4	51	2	44	26	52	11	27	55	34	7
23	5	4	16	30	5	53	11	41	9	19	46
24	5	17	30	15	44	54	11	54	23	5	26
25	5	30	44	1	24	55	12	7	36	51	5
26	5	43	57	47	3	56	12	20	50	36	44
27	5	57	11	32	43	57	12	34	4	22	24
28	6	10	25	18	22	58	12	47	18	8	3
29	6	23	39	4	1	59	13	0	31	53	43
30	6	36	25	49	41	60	13	13	45	39	22

Глава V

Объяснение первого неравенства движения Луны, которое бывает в новолуниях и полнолуниях

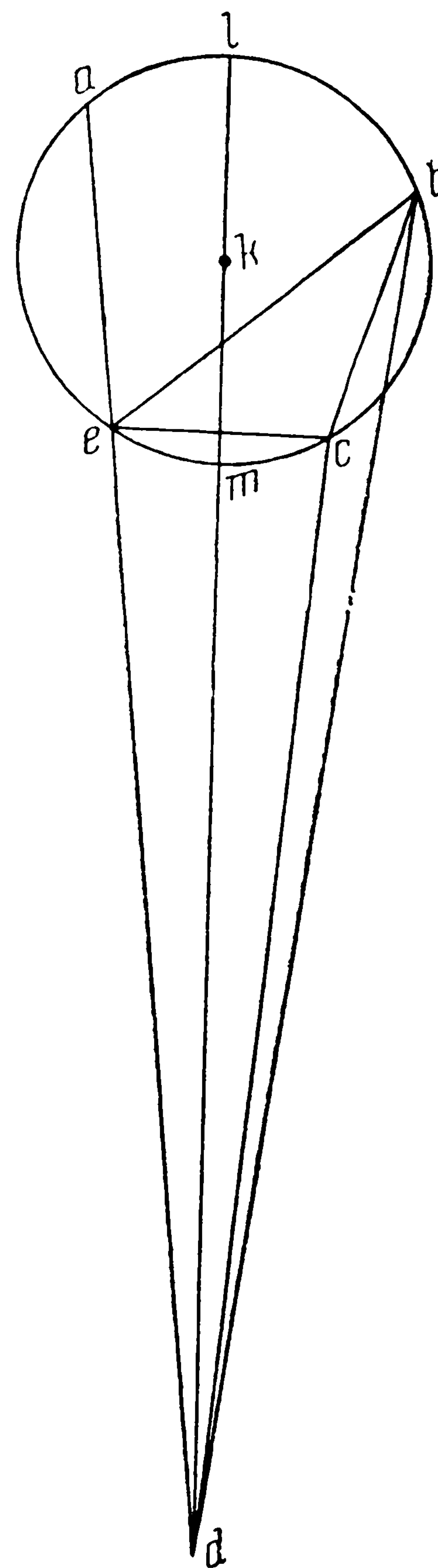
Мы изложили все, что до настоящего времени известно о средних движениях Луны. Теперь должны перейти к определению величины их неравенств, которую вычислим при помощи эпицикла. Прежде всего мы займемся неравенством, которое имеет место в соединениях и противостоя-
16 ниях с Солнцем и по отношению к которому древние математики с удивительным остроумием использовали триады лунных затмений. Этой проложенной ими для нас дорогой мы и будем идти. Возьмем три затмения, наблюдавшихся со всей тщательностью Птолемеем, и сравним их с тремя другими, наблюдавшимися с неменьшей тщательностью, чтобы исследовать, правильны ли изложенные выше средние движения. При их вычислении мы будем пользоваться средними движениями Солнца и Луны от точки весеннего равноденствия, которые в подражание древним будем считать как бы равномерными, так как неравенства, получающиеся вследствие неравномерности предварения равноденствий, не заметны для коротких промежутков времени, хотя бы и в десять лет.

Первое взятое Птолемеем затмение произошло в 17 году императора Адриана по истечении двадцатого дня египетского месяца пауни. Это было в 133 году после рождества Христова в шестой день мая или накануне нон. Затмение было полным, и время средней фазы было за три четверти равновеликого часа до александрийской полуночи, но во Фрауенбурге или Кракове это было бы за час и три четверти до полуночи перед седьмым днем
17 мая. Солнце находилось на 13 с четвертью градусах Тельца, в среднем движении на 13; 21 градуса тельца.

Второе затмение было в 19 году Адриана по истечении двух дней четвертого египетского месяца хойяк. Это было в 134 году от рождества Христова в 13-й день до ноябрьских календ. Затмение было со стороны севера на пяти шестых диаметра; средняя его фаза соответствовала в Александрии одному равноденственному часу, а в Кракове двум часам до полуночи. Солнце находилось на 25 и одной шестой градуса знака Весов, а в среднем движении на 26; 43 градуса того же знака.

Третье затмение было в 20 году Адриана по истечении 19 дней месяца фармути (восьмого у египтян), по христианскому летоисчислению — в 135 году по истечении 6-го дня марта. Луна затмевалась также с севера на половину диаметра; средняя фаза в Александрии соответствовала четырем равноденственным часам, в Кракове — трем часам пополуночи той ночи, утро которой приходилось на мартовские ноны. Солнце тогда находилось на 14 градусах и одной 12-й части Рыб, а по среднему движению на 11; 44 градуса Рыб.

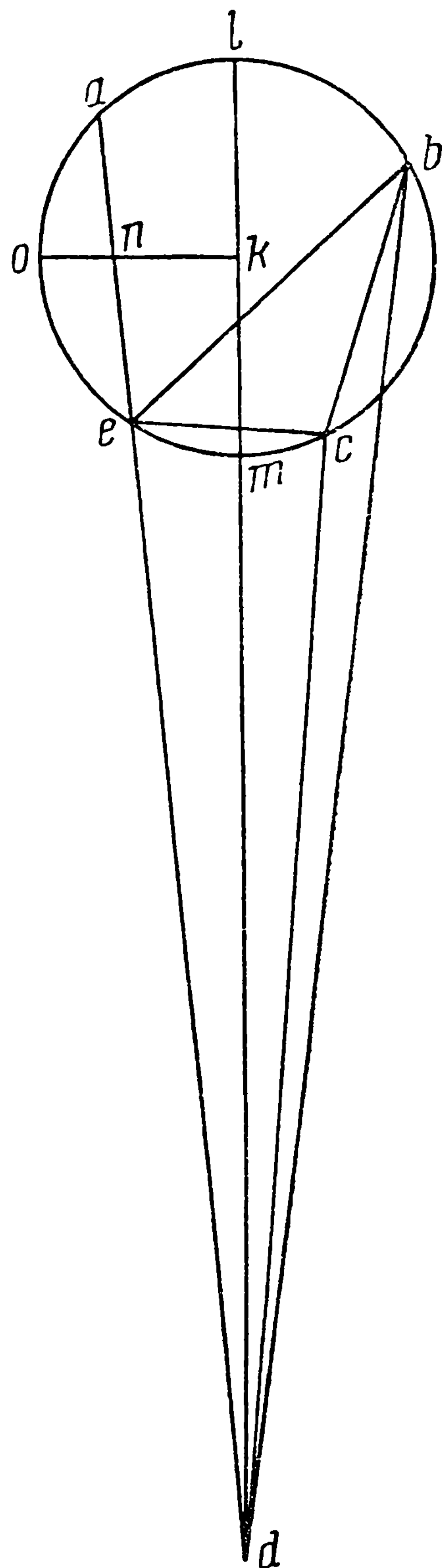
Ясно, что в промежуток времени между первым и вторым затмениями Луна в видимом движении прошла столько же, сколько и Солнце (конечно, если отбросить полные круговые обороты), а именно 161 градус и 55 минут, а от второго до третьего она прошла 138 градусов 55 минут. В первом 18
промежутке заключался один год 166 дней и 23 равновеликих часа с тремя четвертями видимого времени, а по уточнении — 23 часа и пять восьмых, во втором промежутке — один год 137 дней и пять часов просто, или по точному счету $5^1/_2$ часа. Среднее совместное движение Солнца и Луны в первом промежутке после отбрасывания целых оборотов было 169 градусов 37 минут, а движение аномалии — 110 градусов 21 минута; во втором промежутке среднее движение Солнца и Луны составляло 137 градусов 34 минуты, а аномалии — 81 градус 36 минут. Таким образом, ясно, что в первом промежутке 110 градусов 21 минута эпицикла отнимают от среднего движения Луны 7 градусов 42 минуты, во втором 81 градус 36 минут эпицикла прибавляют 1 градус 21 минуту.



Установив это, опишем лунный эпицикл *abc*. Пусть первое затмение будет на нем в *a*, второе — в *b* и последнее — в *c*; в этом порядке мы будем понимать движение Луны против последовательности знаков зодиака. Пусть дуга *ab* будет равна 110 градусам 21 минуте, вычитающая (как мы сказали) — 7 градусов 42 минуты, а *bc* равна 81 градусу 36 минутам и прибавляет один градус 21 минуту; остающаяся часть круга будет 168 градусов 3 минуты; она прибавляет остальные 6 градусов 21 минуту. Но так как верхняя апсида эпицикла не может находиться на дугах *bc* и *ca*, ибо они будут прибавляющими и меньше полуокружности, то она необходимо будет на дуге *ab*.

Примем, что *d* будет центром Земли, около которого равномерно движется эпицикл. Проведем из него к точкам затмений прямые *da*, *db*, *dc* и соединительные линии *bc*, *be*, *ce*. Так как дуга *ab* стягивает 7; 42 градуса зодиака, то угол *adb* будет составлять 7; 42 таких градуса, 180 которых соответствуют двум прямым. Если же принять два прямых за 360, то указанный угол будет 15 градусов и 24 минуты, а лежащий на окружности угол *aeb*, являясь внешним для треугольника *bde*, будет равняться 110; 21 таким же градусом. Таким образом, будет дан угол *ebd*, равный 94 градусам

57 минутам. Но в треугольнике с данными углами будут даны и стороны; *de* составит 147 396, а *be* — 26 798 частей, каких в диаметре круга, описанного около треугольника, будет двести тысяч.



Далее, так как дуга *aec* стягивает на зодиаке 6 градусов 21 минуту, то угол *edc* будет равен 6 градусам 21 минуте, если принять 180 градусов за два прямых угла; если же считать два прямых равными 360, то он будет равняться 12 градусам и 42 минутам; таких же градусов в угле *aec* будет 191; 57. Этот угол, являясь внешним для треугольника *cde*, по отнятии угла *d* даст в остатке третий угол *ecd*, равный 179 таким же градусам и 15 минутам. Если принять диаметр описанного круга за 200 000 частей, то сторона *de* будет равняться 199 996 таким частям, а *ce* — 22 120. Но каких частей в *de* было 147 396, таких в *ce* будет 16 302, а в *be* — 26 798. И так как в треугольнике *bec* даны две стороны *be*, *ec* и угол *e*, равный 81 градусу 36 минутам, как и дуга *bc*, то согласно доказанному относительно плоских треугольников получим, что третья сторона *bc* будет составлять 17 960 таких же частей. Так как диаметр эпицикла был принят равным двумстам тысячам частей, то хорда *bc*, стягивающая 81;36 градуса, будет равна 130 684 частям. В соответствии с заданным отношением остальные стороны в таких же частях будут: *ed* — 1 072 684 и *ce* — 118 637, а дуга *ce* будет равняться 72 градусам 46 минутам 10 секундам. Но согласно предварительному построению дуга *cea* равнялась 168;3 градуса; следовательно, остающаяся дуга *ea* будет равна 95 градусам 16 минутам 50 секундам, а ее хорда — 147 786 частям. Поэтому вся линия *aed* будет равняться 1 220 470 таким же частям.

Так как сегмент *ea* меньше полукруга, то центр эпицикла будет находиться не на нем, а на остающемся сегменте *abce*; пусть он будет *k*. Проведем *dmkl* через обе апсиды, и пусть верхняя апсида будет *l*, а нижняя *m*. На основании 30-й теоремы третьей книги Евклида ясно, что прямоугольник, содержащийся между *ad*, *de*, будет равен прямоугольнику между *ld* и *dm*. Но так как диаметр *lm* круга сечется в *k* пополам и к нему по прямой линии прикладывается *dm*, то прямоугольник между *ld* и *dm* вместе с квадратом на *km* будет равен квадрату на *dk*. Итак, *dk* будет дана по длине: она равна 1 148 556 частям, каких в *kl* будет сто тысяч. Вследствие это-

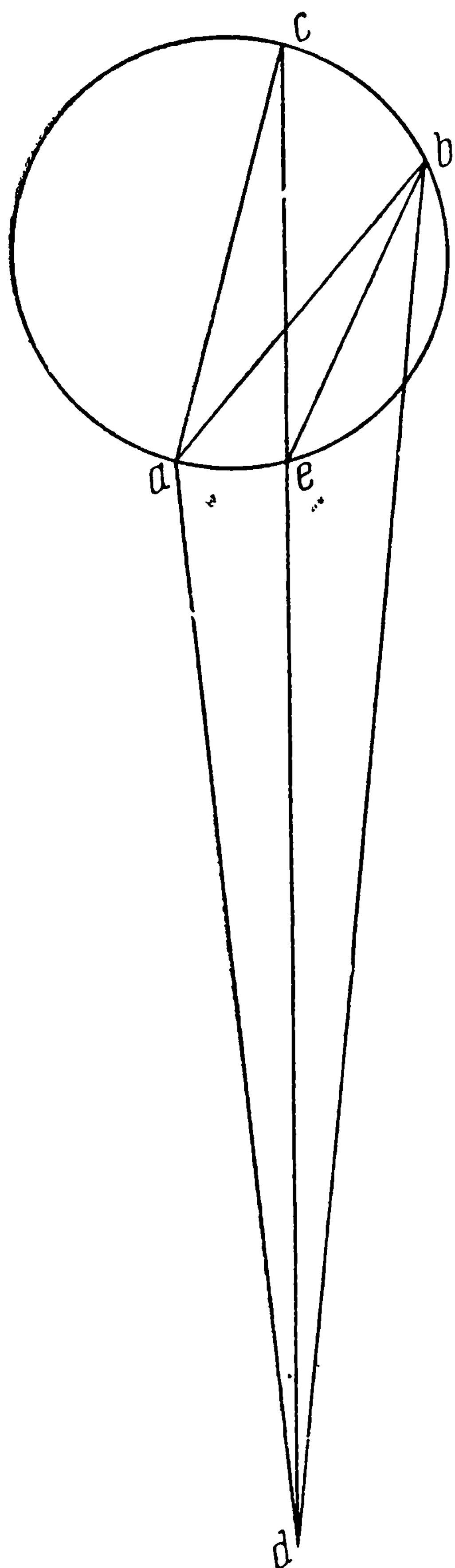
го если *dk* взять равной ста тысячам, то радиус *lk* эпицикла будет равен 8706 частям.

Выполнив это, проведем *kno* перпендикулярно *ad*. Так как *kd*, *de*, *ea* имеют между собой отношения, выраженные в частях, каких в *lk* содержится сто тысяч, а *ne* — половина *ae* — имеет 73 893, то, следовательно, вся *den* будет равна 1 146 577 таким частям. Но в треугольнике *dkn* даны две стороны *dk*, *nd* и угол *n* прямой. Вследствие этого центральный угол *nkd* будет равен 86 градусам $38^{1}/_{2}$ минуты; столько же будет в дуге *meo*, и дополняющая до полуокружности дуга *lao* будет равна 93 градусам $21^{1}/_{2}$ минуты. Отняв от нее дугу *oa*, половину *aoe*, равную 47 градусам $38^{1}/_{2}$ минуты, мы получим в остатке *la*, равную 45 градусам 43 минутам. Таково будет расстояние Луны от верхней апсиды эпицикла, или аномалия, в первом затмении. Но вся дуга *ab* составляла 110 градусов 21 минуту; следовательно, получающаяся в остатке аномалия *lb* для второго затмения будет 64 градуса 38 минут, а вся дуга *lbc* — 146 градусов 14 минут, что соответствовало третьему затмению.

Уже ясно, что если угол *dkn* равняется 86 градусам 38 минутам (360 19
таких градусов соответствуют четырем прямым), то в остатке получается угол *kdn* 3 градуса 22 минуты — дополнение до прямого, что представляет простаферез, который добавляет аномалия в первом затмении. Но весь угол *adb* равнялся 7 градусам 42 минутам, так что остаток *ldb* имеет 4 градуса 20 минут, которые отнимаются от среднего движения Луны на дуге *lb* ко второму затмению. И так как угол *bdc* равнялся 1; 21 градуса, то, значит, остающийся *cdm* будет иметь 2 градуса 49 минут — вычитаемый простаферез дуги *lbc* в третьем затмении. Следовательно, среднее положение Луны, то есть центра *k*, в первом затмении было на 9 градусах 53 минутах Скорпиона, так как видимое ее положение было на 13 градусах 15 минутах Скорпиона, именно сколько имело диаметрально ей противоположное Солнце в Тельце. Таким же образом среднее положение Луны во втором затмении было на $29^{1}/_{2}$ градуса Овна, а в третьем — на 17 градусах 4 минутах Девы; средние расстояния Луны от Солнца были в первом затмении 177 градусов 33 минуты, во втором — 182 градуса 47 минут, в последнем — 185 градусов 20 минут. Вот таким образом считал Птолемей.

Следуя этому примеру, перейдем к другой троице лунных затмений, которые наблюдались нами также со всей тщательностью. Первое из этих затмений было в 1511 году от рождества Христова по истечении шести дней октября. Луна начала затмеваться за один равновеликий час и одну восьмую его до полуночи и снова сделалась полной через два часа с третью после полуночи. Таким образом, средняя фаза затмения соответствовала половине первого часа с двенадцатой частью после полуночи той ночи, утро которой соответствовало седьмому дню, или нонам, октября. Затмение Луны было полным, а Солнце находилось на 22 градусах 25 минутах Весов, или по среднему движению на 24; 13 градуса Весов.

Второе затмение мы записали в 1522 году после рождества Христова в сентябре по истечении первых его пяти дней; оно также было полным и началось за две пятых равновеликого часа до полуночи. Его средняя фаза соответствовала одному часу с третью после полуночи той ночи, за которой следовал шестой день сентября, а он был восьмым днем до сентябрьских ид. Солнце находилось на 22 градусах и одной пятой Девы, но в среднем движении — на 23 градусах 59 минутах Девы.



Третье затмение было в 1523 году после рождества Христова по истечении 25 дней августа. Оно началось за три часа без пятой части после полуночи, и средняя фаза полностью затмившейся Луны соответствовала 4 с половиной часам без двенадцатой части после полуночи, когда уже начинался седьмой день до сентябрьских календ. Солнце было на 11 градусах 21 минуте Девы, в среднем движении — на 13 градусах 2 минутах Девы.

Здесь мы видим, что расстояние между истинными положениями Солнца и Луны в первом и втором затмениях было 329 градусов 47 минут, между вторым и третьим — 349 градусов 9 минут. Промежуток времени от первого затмения до второго равняется десяти годам одинаковой продолжительности 337 дням и трем четвертям часа
20 по обычному времени, а по точному среднему был один час без пятой части; от второго до третьего прошло 354 дня 3 часа 5 минут, но по среднему времени 3 часа 9 минут. В первом промежутке среднее движение Солнца и Луны по отбрасывании полных оборотов составляло 334 градуса 47 минут, а аномалии — 250 градусов 36 минут, что отнимало от среднего движения почти пять градусов; во втором промежутке среднее движение Солнца и Луны было 346 градусов 10 минут, а аномалии — 306 градусов 43 минуты, что добавляло к среднему движению 2 градуса 59 минут.

Возьмем эпицикл *abc*; пусть *a* будет место Луны в средней фазе первого затмения, *b* — во втором, а *c* — в третьем и пусть движение эпицикла представляется нам происходящим из *c* в *b* и из *b* в *a*, то есть в верхней части против, а в нижней по направлению последовательности знаков. Дуга *acb* составляет 250 градусов 36 минут, что (как мы сказали) в первом промежутке времени отнимает от среднего движения Луны пять градусов.

Дуга *bac* будет равна 306 градусам 43 минутам (она добавляет к среднему движению Луны 2 градуса 59 минут), и, следовательно, остающаяся дуга *ac*, равная 197 градусам 19 минутам, отнимает остальные 2 градуса 1 минуту. Но так как *ac* больше полуокружности и отнимающая, то она необходимо должна заключать в себе верхнюю апсиду. Действительно, последняя не может быть ни на *ba*, ни на *cba*, которые дают прибавление и каждая меньше полуокружности, ибо наименьшее движение предполагается в апогее.

Возьмем с противоположной стороны центр *d* Земли и проведем соединительные линии *ad*, *db*, *dec*, *ab*, *ae*, *eb*. Теперь так как в треугольнике *dbe* дается внешний угол *ceb*, равный 53 градусам 17 минутам в соответствии с дугой *cb*, представляющей дополнение *bac* до полной окружности, и угол *bde*, равный при центре 2 градусам 59 минутам, а при окружности — 5 градусам 58 минутам, то, следовательно, остающийся угол *ebd* будет 47 градусов 19 минут. Поэтому сторона *be* будет равна 1042 частям, а *de* — 8024 таким же частям, если радиус круга, описанного около треугольника, взять за 10 000. Равным образом, угол *aec*, если считать по дуге *ac*, будет 197 градусов 19 минут, а угол *adc* — 2 градуса 1 минута при центре, при окружности же — 4 градуса 2 минуты. Следовательно, остающийся угол *dae* треугольника составит 193 градуса 17 минут, если 360 градусов соответствуют двум прямым. Таким образом, будут данными и стороны; если радиус круга, описанного около треугольника *ade*, равен 10 000 частям, то *ae* будет равна 702, *de* — 19 865; но если *de* равняется 8024 частям, то *ae* будет равна 283 таким частям, каких в *be* было 1042.

Теперь мы имеем еще треугольник *abe*, в котором даны две стороны *ae* и *eb* и весь угол *aeb*, равный 250 градусам и 36 минутам, если 360 градусов соответствуют двум прямым. Тогда на основании доказанного относительно плоских треугольников сторона *ab* будет равна 1227 таким частям, каких в *eb* будет 1042. Таким образом, мы получили отношение этих трех линий — *ab*, *eb* и *ed*, по которому они могут быть выражены в частях, каких в радиусе эпицикла будет десять тысяч; этих частей в *ab* по стягиваемой ею дуге будет 16 323, в *ed* — 106 751 и в *eb* — 13 853. Отсюда определяется дуга *eb*, равная 87 градусам 41 минуте; складывая ее с *bc*, мы получаем всю дугу *ebc*, равную 140 градусам 58 минутам, хорда которой *ce* равняется 18 851 части, а вся линия *ced* — 125 602 частям.

Далее определим центр эпицикла, который необходимо попадет в сегмент *eac*, больший полукруга; пусть он будет в *f*. Продолжим *difg* по прямой к обеим апсидам — нижней *i* и верхней *g*. Также ясно, что прямоугольник, содержащийся между *cd*, *de*, будет равен прямоугольнику между *gd*, *di*; прямоугольник же между *gd*, *di* вместе с квадратом *fi* равен квадрату на *df*. Таким образом, определяется длина *dif*, составляющая 116 226 частей, каких в *fg* будет 10 000. Следовательно, если *df* принять за сто

тысяч, то *fg* будет равна 8604, что вполне соответствует результатам, приведенным многими другими нашими предшественниками после Птолемея.

Восставим из центра *f* под прямыми углами к *ec* линию *fl* и продолжим по прямой *flm*; она разделит *ce* пополам в точке *l*. И так как прямая *ed* составляет 106 751 часть, а половина *ce*, то есть *le*, — 9426 частей, то вся прямая *del* будет равна 116 177 таким частям, каких в *fg* будет 10 000, а в *df* — 116 226. Значит, в треугольнике *dfl* даны две стороны *df* и *dl*; следовательно, будут даны угол *dfl*, равный 88 градусам 21 минуте, и последний угол *fdl*, равный одному градусу 39 минутам, а также дуга *iem* тоже 88 градусов 21 минута и *mc* — половина *ebc* — 70 градусов 29 минут. Итак, вся *imc* составит 158 градусов 50 минут, а дополняющая до полуокружности *gc* — 21 градус 10 минут. Вот таким было расстояние Луны от апогея эпицикла или величина аномалии в третьем затмении; расстояние *gcb* во втором затмении равнялось 74 градусам 27 минутам, и вся дуга *gba* в первом затмении составляла 183 градуса 51 минуту.

Затем в третьем затмении угол *ide*, как при центре, равнялся одному градусу 39 минутам, что представляет вычитаемый простаферез, а весь угол *idb* во втором затмении равнялся 4 градусам 38 минутам — тоже вычитаемый простаферез, ибо он составляется из *gdc*, равного 1;39 градуса, и *cdb*, равного 2 градусам 59 минутам. Следовательно, остаток от всего угла *adb* в пять градусов, а именно *adi*, равняется 22 минутам, которые прибавляются к среднему положению в первом затмении. Поэтому среднее положение Луны в первом затмении было на 22 градусах 3 минутах Овна, видимое — на 22 градусах 25 минутах — сколько диаметрально противолежащее Солнце имело в знаке Весов. Точно так же во втором затмении среднее положение Луны было на 26;50 градуса Рыб, в третьем — на 13
21 градусах Рыб, и среднее движение Луны, на которое она отличается от годового движения Земли, в первом затмении составляло 177 градусов 50 минут, во втором — 182 градуса 51 минуту, в третьем — 179 градусов 58 минут.

Глава VI

Проверка того, что было изложено относительно средних движений Луны по долготе, а также аномалии

На основании изложенного относительно лунных затмений можно будет проверить, правильно ли определены данные нами выше средние движения Луны. Было показано, что во втором из первой серии затмений расстояние Луны от Солнца составляло 182 градуса 47 минут, а аномалия равнялась 64 градусам 38 минутам, во втором затмении Луны последующей серии нашего времени движение Луны от Солнца составляло 182 градуса 51 минуту, а аномалия — 74 градуса 27 минут. Ясно, что в промежуточ-
ное время исполнилось 17 166 месяцев и примерно четыре минуты одного 22
градуса, а движение аномалии было, если отбросить полные обороты, 9 градусов 49 минут. Время, прошедшее от девятнадцатого года Адриана второго дня египетского месяца хойяк и двух часов до полуночи той ночи, за которой следовал третий день этого месяца до тысяча пятьсот двадцать второго года после рождества Христова пятого сентября и одного с третью часа, равняется 1488 египетским годам 302 дням и трем часам с третью обычного времени; если мы уравняем последнее, то получится три часа 34 минуты после полуночи. В течение этого времени после полных семнадцати тысяч ста и 65 средних месячных обращений, согласно Гиппарху и Птолемею, получилось 359 градусов 28 минут; движение же аномалии, по Гиппарху, было 9 градусов 37 минут, а по Птолемею,— 9 градусов 9 минут.
Следовательно, по сравнению с ними в движении Луны недостает 26 ми- 23
нут, а в движении аномалии — 38 минут, по Птолемею, или 10, по Гиппарху; если их добавить к нашим, то получится соответствие с изложенными числовыми данными.

Глава VII

Об исходных точках для лунной долготы и аномалии

Теперь подобно тому, как выше, мы должны и здесь определить исходные точки для установленных начальных эр летоисчислений — олимпиад, Александра, Цезаря, Христа и других, если какие кому-нибудь, кроме этих, понадобятся. Если мы обратим внимание на второе из трех древних затмений, которое произошло в девятнадцатый год Адриана по прошествии двух дней египетского месяца хойяк за один час до наступления полуночи в Александрии, а для нас на Краковском меридиане за два часа до середины ночи, то мы найдем, что от начала летоисчисления после рождества Христова до этого

момента прошло 133 египетских года 325 дней и 22 часа просто, или по точному счету 21 час 37 минут. За это время по нашему исчислению движение Луны было 332 градуса 49 минут, аномалии — 217 градусов 32 минуты. Если мы вычтем эти числа из тех, которые были найдены для момента затмения, каждое из ему соответствующего, то в остатке получим среднее положение Луны по отношению к Солнцу, равное 209 градусам 58 минутам, а для аномалии 207 градусов 7 минут; все это — для первого года христианского летоисчисления в полночь перед январскими календами.

Далее, до начала летоисчисления от рождества Христова прошло сто девяносто три олимпиады два года и $194^{1}/_{2}$ дня, которые составляют 775 египетских лет $12^{1}/_{2}$ дня, или, точнее, 12 часов 11 минут. Точно так же от смерти Александра до рождества Христова считают 323 египетских года $130^{1}/_{2}$ дней обычного времени или точнее, с 12 часами 16 минутами. А от Цезаря до Христа прошло 45 лет и 12 дней, причем здесь среднее и обычное время будет одинаковым. Если движения, соответствующие указанным промежуткам времени, мы вычтем соответственно из исходных точек начала христианского летоисчисления, то для полудня первого дня месяца гекатомбеона первой олимпиады получим среднее расстояние Луны от Солнца 39 градусов 43 минуты, а аномалию 46 градусов 20 минут; для летоисчисления от смерти Александра в полдень первого дня месяца Тот — расстояние Луны от Солнца 310 градусов 44 минуты, а аномалию 85 градусов 41 минуту; для начала юлианского летоисчисления в полночь перед январскими календами — расстояние от Луны до Солнца 350 градусов 39 минут, а аномалию — 17 градусов 58 минут. Все это для Краковского меридиана, поскольку Гинополь (в общежитии называемый Фрауенбургом), в котором мы произвели большую часть наших наблюдений и который расположен у устья реки Вислы, лежит на этом меридиане, как показывают нам одновременно наблюденные в обоих указанных местах затмения Солнца и Луны; на этом же меридиане лежит и Диррахий в Македонии, который в древности назывался Эпидамном.

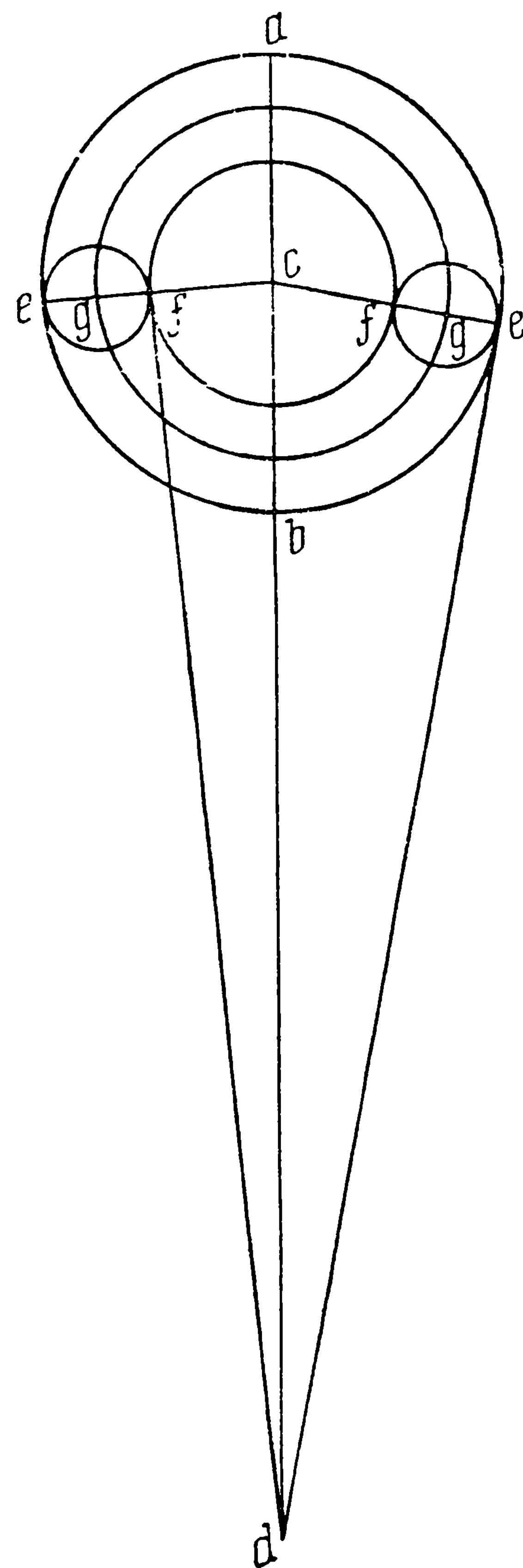
Глава VIII

О втором неравенстве Луны и о том, какое отношение
24 первый эпицикл имеет ко второму

Таким образом, мы определили средние движения Луны с первым ее неравенством. Теперь нам нужно исследовать, в каком отношении находится первый эпицикл ко второму и оба они — к расстоянию до центра Земли. Как мы сказали, наибольшая разница наблюдается в промежуточных квадратурах, когда разделенная пополам Луна возрастает или убы-

вает. Эта разница может достигать семи и двух третей градуса, как показывают записи древних наблюдений.

Действительно, древние астрономы наблюдали время, когда разделенная пополам Луна ближе всего подходила к среднему радиусу эпицикла, что имеет место около точки соприкосновения последнего с выходящей из центра Земли прямой, что можно легко определить по изложенному выше расчету. И так как Луна в эти моменты находилась на девятидесятом градусе зодиака от востока или запада, то они избавлялись от ошибки, которую может ввести параллакс в движение по долготе. Тогда проходящий через полюс горизонта круг пересекает зодиак под прямыми углами и не допускает никакого параллакса по долготе, но все смещение пойдет по широте. Поэтому при помощи астролябии они получали положение Луны относительно Солнца. После произведенного сравнения оказалось, что положение Луны отличалось от среднего, как мы сказали, на семь и две трети градуса вместо пяти.



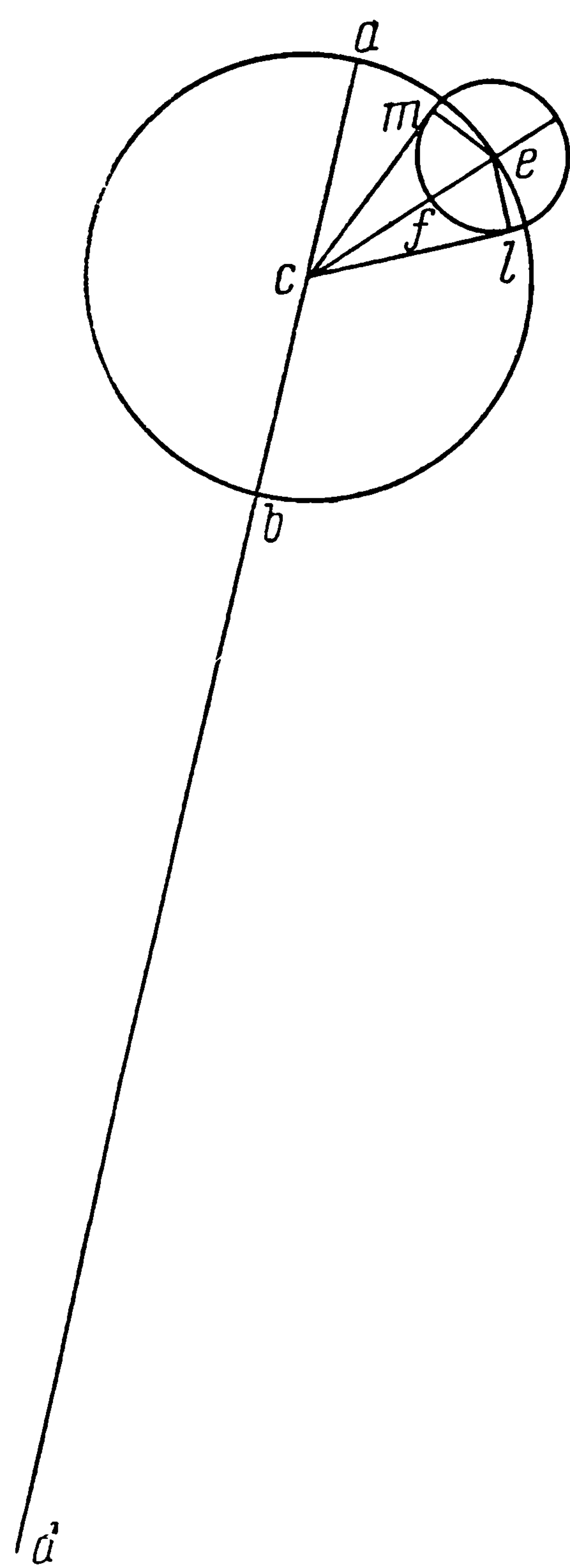
Опишем эпицикл ab с центром c и из центра Земли d проведем прямую $dbca$; пусть a будет апогей эпицикла, b — перигей; проведем касательную de к эпициклу и соединим ce. Но в касаниях простаферез является наибольшим; в данном случае он равен 7 градусам 40 минутам, каковым и будет угол bde. Далее, угол ced прямой, как угол в касании с кругом ab; поэтому
ce будет равна 1334 таким частям, каких в ра- 25
диусе cd будет 10 000. В полнолунии и новолунии эта длина будет значительно, меньше, при-
близительно около 860 таких частей. 26

Рассечем ce, и пусть cf равняется 860 частям; тогда точка f будет двигаться по той самой окружности, по которой шла новая или полная Луна, а остаток fe, а именно 474 части, будет представлять диаметр второго эпицикла. Разделив его пополам, получаем центр в g, и вся линия cfg, равная 1097 частям, представит радиус окружности, которую описывает центр второго эпицикла. Таким образом, определяется отношение cg к ge, равное 1097 к 237, если положить cd имеющим десять тысяч таких же частей.

Глава IX

О последнем неравенстве, с которым Луна кажется неравномерно движущейся от верхней апсиды эпицикла

27 При помощи этого введения можно понять, каким образом Луна неравномерно движется на своем первом эпицикле. Наибольшая величина неравенства получается, когда Луна начинает искривляться в рогатую или становится горбатой и полуполной.



Пусть *ab* будет опять тот первый эпицикл, который в среднем движении описывается центром второго эпицикла, *c* — его центр, *a* — верхняя апсида, *b* — нижняя. Возьмем где-нибудь на его окружности точку *e* и соединим *c* и *e*; тогда *ce* будет к *ef*, как 1097 к 237. Из центра *e* расстоянием *ef* опишем второй эпицикл и проведем с обеих сторон касательные к нему прямые линии *cl*, *cm*. Пусть движение малого эпицикла будет из *a* в *e*, то есть в верхней части против последовательности знаков, а движение Луны — из *f* в *l*, то есть тоже против последовательности. Ясно, что если даже движение *ae* будет равномерным, то все же к этому среднему движению второй эпицикл в своем движении по *fl* добавляет дугу *el* или, наоборот, отнимает *mf*. Так как в треугольнике *cel* угол при *l* прямой и составляет 237 таких частей, каких в *ce* было 1097, то, если бы *ce* равнялось десяти тысячам частей, *el* была бы равна 2160. Согласно таблице такая хорда стягивает угол *ecl*, равный 12 градусам 28 минутам; этот угол равен также и *mcf* вследствие равенства и подобия треугольников.

Таково будет наибольшее неравенство, которое Луна может иметь по отношению к верхней апсиде первого эпицикла. Это имеет место, когда Луна в среднем движении отходит от линии
28 среднего положения Земли на 38 градусов 46 минут в ту или другую сторону. Таким образом, ясно, что указанные наибольшие значения простаферезов имеют место при среднем расстоянии Луны от Солнца в 38 градусов 46 минут и на таком же расстоянии в ту и другую сторону от точки среднего противостояния.

Глава X

О том, как видимое движение Луны определяется при помощи заданных равномерных

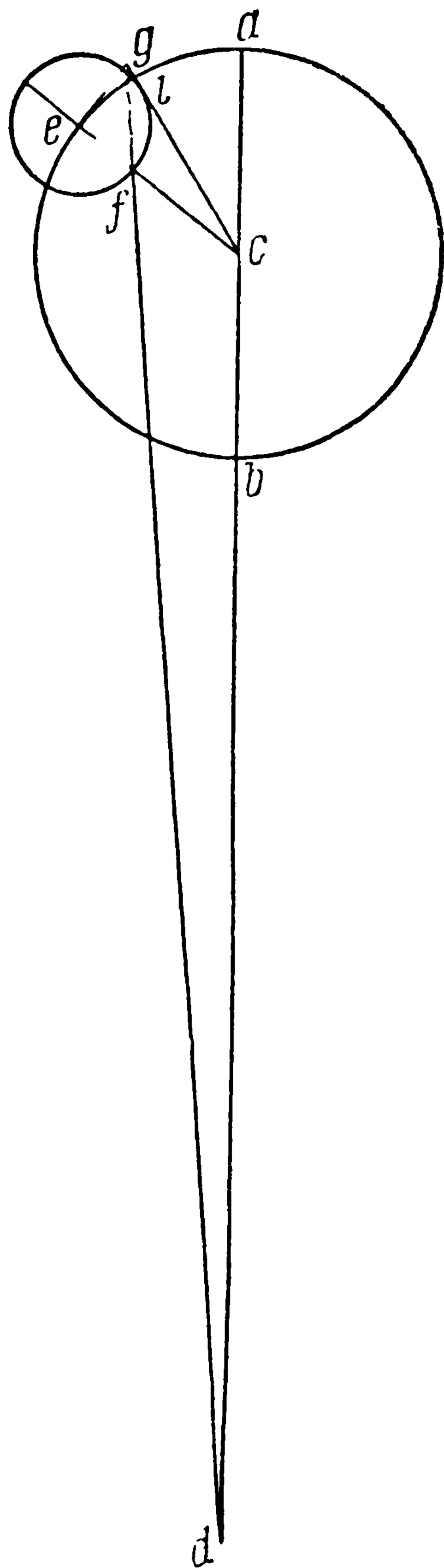
Установив все это, мы хотим показать, как при помощи указанных равномерных движений Луны определяются геометрически видимое и среднее движения, взяв пример из наблюдений Гиппарха, чтобы одновременно проверить теорию на опыте. В сто девяносто седьмом году от смерти Александра в семнадцатый день месяца пауни, десятого месяца у египтян, по истечении девяти с третью часа дня Гиппарх на острове Родосе, наблюдая при помощи астролябии Луну и Солнце, нашел, что их взаимное расстояние было 48 и десятая часть градуса, причем Луна следовала за Солнцем. Так как он считал, что положение Солнца было на 11 градусах Рака без одной десятой, то отсюда выходило, что Луна занимала 29-й градус Льва. В это самое время восходил двадцать девятый градус Скорпиона и в меридиане находился десятый градус Девы. Происходило это в Родосе, где Северный полюс стоит на высоте 36 градусов.

Отсюда следовало, что Луна, находясь приблизительно на девятидесятом градусе зодиака от горизонта, не допускала никакого параллактического смещения по долготе или по крайней мере очень незначительное. Поскольку это наблюдение было произведено в три часа с одной третью после полудня упомянутого семнадцатого дня, а этому времени для Родоса соответствуют четыре равноденственных часа, то в Кракове в соответствии с расстоянием мы имели бы 3 и шестую часть равноденственного часа, поскольку Родос на одну шестую часа ближе к нам, чем Александрия.

Итак, от смерти Александра прошло сто девяносто шесть лет 286 дней и три часа с шестой по обычному счету или по точному примерно 3 часа с третью. В это время Солнце в среднем движении дошло до 12 градусов 3 минут Рака, а в видимом — до 10 градусов 40 минут Рака, откуда ясно, что истинное положение Луны было на 28 градусах 37 минутах Льва. Среднее движение Луны в месячном обращении равнялось 45 градусам 5 минутам, а аномалия относительно верхней апсиды составляла по нашим расчетам 333 градуса.

В соответствии с этим построим первый эпицикл ab; центр его будет c и диаметр acb. Продолжим его по прямой линии к центру Земли, и пусть это будет abd. Затем возьмем на эпицикле дугу abe в 333 градуса и соединим c и e; полученную линию рассечем в f, и пусть ef будет равняться 237 таким частям, каких в ec содержится 1097. Далее, из центра e расстоянием ef опишем на эпицикле второй эпицикл fg; пусть Луна будет в точке g, а дуга fg равняется 90 градусам 10 минутам в соответствии с удвоенным средним

движением от Солнца, которое составляло 45 градусов 5 минут. Проведем соединительные прямые cg, eg, dg. Так как в треугольнике ceg даются две стороны: ce — 1097 частей и eg, равная ef, — 237 частей, а также угол gec — 90 градусов 10 минут, то на основании доказанного относительно плоских треугольников определяется последняя сторона cg — 1123 таких же частей и угол ecg — 12 градусов 11 минут. Отсюда находится дуга ei и прибавляемый простаферез аномалии; вся дуга $abei$ получается равной 345 градусам 11 минутам, остающийся угол gca — 14градусам 49 минутам, что представляет истинное расстояние Луны от верхней апсиды эпицикла ab, и угол bcg — 165;11 градуса.



Вследствие этого в треугольнике gdc тоже будут данными две стороны: gc — 1123 части, каких в cd содержится десять ысяч, и угол gcd — 165;11 градуса. Отсюда мы получаем угол cdg, равный одному градусу 29 минутам, и простаферез, который прибавлялся к среднему движению Луны, чтобы истинное ее расстояние от среднего положения Солнца равнялось 46 градусам 34 минутам, а ее видимое положение было на 28;37 Льва на расстоянии 47 градусов 57 минут от истинного положения Солнца, что на девять минут меньше наблюдения Гиппарха.

Но, чтобы вследствие этого кто-нибудь не стал подозревать ошибки либо в его расчете, либо в нашем, хотя разница и невелика, все же покажем, что ни он, ни мы не сделали никакой ошибки, но что все так обстоит правильно. Если мы вспомним, что лунный круг, по которому она движется, косой, то должны будем признаться, что некоторая разница в долготе получится и на зодиаке и главным образом в промежуточных местах, которые
29 находятся между обоими пределами — северным и южным — и обоими эклиптическими сечениями, почти так же, как между наклонным зодиаком и равноденственным кругом, что было изложено нами в связи с неравенством естественного дня.

Таким образом, если мы соответствующие отношения перенесем на лунную орбиту, которая, как говорит Птолемей, наклонна по отношению к зодиаку, то найдем, что в упомянутых местах около зодиака получается различие долготы в семь минут, что после удвоения дает 14. Это будет одинаково давать увеличение или уменьшение, так как если Луна и Солнце

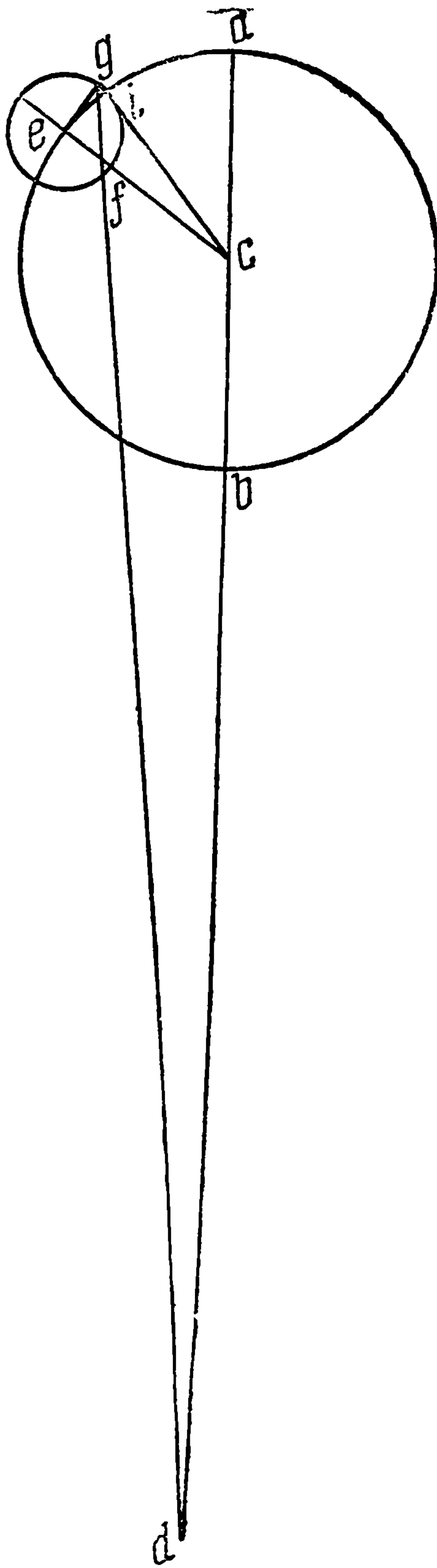
отстоят друг от друга на четверть окружности и между ними находится северный или южный предел широты, то отсекаемая на зодиаке дуга будет на 14 минут больше четверти лунного круга; и обратно, в других квадрантах, в которых находятся эклиптические сечения, круги, проведенные через полюсы зодиака, будут отсекать дуги, на столько же меньшие четверти окружности; так обстоит дело и в настоящем примере. Так как Луна двигалась по дуге, заключающейся между южным пределом и восходящим эклиптическим сечением (которое новейшие ученые называют «головой Дракона»), а Солнце уже прошло другое нисходящее сечение (которое они же называют «хвостом»), то нет ничего удивительного, если упомянутое лунное расстояние 47 градусов 57 минут по своей наклонной орбите при перенесении на зодиак увеличилось самое меньшее на 7 минут, не говоря о том, что Солнце, двигаясь к западу, дало некоторое вычитаемое смещение видимого положения, о котором мы будем подробнее говорить при объяснении параллаксов. Таким образом, Гиппархово расстояние светил, полученное им при помощи инструментов, а именно 48;6 градуса, удивительно согласуется с нашим расчетом как будто по предварительному уговору.

Глава XI

Составление таблиц простаферезов, или лунных уравнений

Из этого примера, как я полагаю, можно понять способ определения лунных движений и в самом общем случае. Действительно, в треугольнике ceg две стороны ge и ce всегда остаются теми же самыми, а по углу gec, который хотя и непрерывно меняется, но все же задан, определяем последнюю сторону gc вместе с углом ecg, представляющим простаферез для уравнивания аномалии. Затем в треугольнике cdg, когда две стороны dc, cg вместе с углом dce будут вычислены, тем же самым способом определяется угол d у центра Земли между средним и истинным положениями.

Для большего удобства мы составим таблицу этих простаферезов, содержащую шесть столбцов. После двух столбцов с общими числами круговых градусов на третьем месте стоят обусловленные малым эпициклом простаферезы, которые изменяют равномерность первой аномалии в соответствии с удвоенным месячным движением. Затем, оставив пока следующий столбец свободным для будущих чисел, займемся пятым; в нем напишем простаферезы первого и большего эпицикла, которые имеют место в средних соединениях и противостояниях Солнца и Луны; наибольшая величи-



на этих простаферезов будет 4 градуса 56 минут. На предпоследнем месте помещаются числа, которые надо прибавить к первым простаферезам, чтобы найти получающиеся для Луны, разделенной пополам; наибольшее из них равно 2 градусам 44 минутам.

Для возможности определения величин также и
других избытков придуманы пропорциональные
минуты, которые получаются следующим образом.
Приняли 2;44 градуса как бы за 60 по отношению
к другим величинам избытков, получающихся в
точках касания эпицикла. Так, в том же самом при-
мере, где у нас линия *cg* равнялась 1123 частям,
каких в *cd* содержится десять тысяч, она в точке
касания с эпициклом дает наибольший простаферез
6;29 градуса, превышающий первый, упомянутый
выше на один градус 33 минуты. Но как 2;44 граду-
са к 1;33, так и 60 к 34, откуда и получаем отно-
шение избытка, имеющего место для полуокружности
малого эпицикла, к тому, который соответствует
данной дуге 90 градусов 18 минут. Поэтому в строч-
31 ке таблицы, соответствующей 90 градусам, помещаем
34 минуты. Таким образом, для отдельных дуг того
же круга, помещенных в таблице, находим соответ-
ствующие пропорциональные минуты, которые надо
поместить в четвертом пустом столбце. Наконец, в
последнем столбце мы ставим градусы северной и
южной широт, о которых скажем ниже. Располо-
жить все это упомянутым образом заставило нас удоб-
ство и обычный способ выполнения вычислений.

Таблица лунных простаферезов

Общие числа	Простаферезы эпицикла *b*	Пропорцио- нальные минуты	Простаферезы эпицикла *a*	Избытки	Градусы северной широты	
град. град.	*град. мин.*		*град. мин.*	*град. мин.*	*град. мин.*	
3 357	0 51	0	0 14	0 7	4 59	
6 354	1 40	0	0 28	0 14	4 58	
9 351	2 28	1	0 43	0 21	4 56	
12 348	3 15	1	0 57	0 28	4 53	
15 345	4 1	2	1 11	0 35	4 50	
18 342	4 47	3	1 24	0 43	4 45	
21 339	5 31	3	1 38	0 50	4 40	
24 336	6 13	4	1 51	0 56	4 34	
27 333	6 54	5	2 5	1 4	4 27	
30 330	7 34	5	2 17	1 12	4 20	
33 327	8 10	6	2 30	1 18	4 12	
36 324	8 44	7	2 42	1 25	4 3	
39 321	9 16	8	2 54	1 30	3 53	
42 318	9 47	10	3 6	1 37	3 43	
45 315	10 14	11	3 17	1 42	3 32	
48 312	10 30	12	3 27	1 48	3 20	32
51 309	11 0	13	3 38	1 52	3 8	
54 306	11 21	15	3 47	1 57	2 56	
57 303	11 38	16	3 56	2 2	2 44	
60 300	11 50	18	4 5	2 6	2 30	
63 297	12 2	19	4 13	2 10	2 16	
66 294	12 12	21	4 20	2 15	2 2	
69 291	12 18	22	4 27	2 18	1 47	
72 288	12 23	24	4 33	2 21	1 33	
75 285	12 27	25	4 39	2 25	1 18	
78 282	12 28	27	4 43	2 28	1 2	
81 279	12 26	28	4 47	2 30	0 47	
84 276	12 23	30	4 51	2 34	0 31	
87 273	12 17	32	4 53	2 37	0 16	
90 270	12 12	34	4 55	2 40	0 0	

Таблица лунных простаферезов

Общие числа		Простаферезы эпицикла *b*		Пропорциональные минуты	Простаферезы эпицикла *a*		Избытки		Градусы южной широты	
град	*град*	*град*	*мин*		*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
93	267	12	3	35	4	56	2	42	0	16
97	264	11	53	37	4	56	2	42	0	31
99	261	11	41	38	4	55	2	43	0	47
102	258	11	27	39	4	54	2	43	1	2
105	255	11	10	41	4	51	2	44	1	18
108	252	10	52	42	4	48	2	44	1	33
111	249	10	35	43	4	44	2	43	1	47
114	246	10	17	45	4	39	2	41	2	2
117	243	9	57	46	4	34	2	38	2	16
120	240	9	35	47	4	27	2	35	2	30
123	237	9	13	48	4	20	2	31	2	44
126	234	8	50	49	4	11	2	27	2	56
129	231	8	25	50	4	2	2	22	3	9
132	228	7	59	51	3	53	2	18	3	21
135	225	7	33	52	3	42	2	13	3	32
138	222	7	7	53	3	31	2	8	3	43
141	219	6	38	54	3	19	2	1	3	53
144	216	6	9	55	3	7	1	53	4	3
147	213	5	40	56	2	53	1	46	4	12
150	210	5	11	57	2	40	1	37	4	20
153	207	4	42	57	2	25	1	28	4	27
156	204	4	11	58	2	10	1	20	4	34
159	201	3	41	58	1	55	1	12	4	40
162	198	3	10	59	1	39	1	4	4	45
165	195	2	39	59	1	23	0	53	4	50
168	192	2	7	59	1	7	0	43	4	53
171	189	1	36	60	0	51	0	33	4	56
174	186	1	4	60	0	34	0	22	4	58
177	183	0	32	60	0	17	0	11	4	59
180	180	0	0	60	0	0	0	0	5	0

Глава XII

О вычислении лунного движения

Из показанного ясно, как следует вычислять видимое движение Луны; способ этот состоит в следующем. Время, для которого ищется положение Луны, приводим к среднему; при помощи последнего определяем среднее движение по долготе, аномалии и широте, которое мы еще объясним сейчас, так же, как мы это делали и для Солнца, пользуясь данными для начала христианской эры или какой-нибудь другой, и устанавливаем величины отдельных элементов для заданного времени. Затем ищем в таблице среднюю долготу Луны или расстояние от Солнца, удваиваем ее и отмечаем в третьем столбце простаферез и следующие за ним пропорциональные минуты. Если наше исходное число находится в первом столбце или будет менее 180 градусов, то прибавляем простаферез к лунной аномалии; если оно будет более 180 градусов и во втором столбце, то вычитаем и получаем уравненную аномалию Луны и истинное расстояние ее от верхней апсиды.

При ее помощи, возвращаясь к таблице, находим в пятом столбце соответствующий ей простаферез, а в следующем шестом — величину того избытка, которую второй эпицикл добавляет к первому. Пропорциональная часть его, взятая по отношению найденных пропорциональных минут к шестидесяти, всегда прибавляется к этому простаферезу. Полученную сумму вычитаем из среднего движения по долготе и широте, если уравненная аномалия будет меньше 180 градусов или полуокружности, и прибавляем, если аномалия будет больше. Таким образом, получаем истинное расстояние Луны от среднего положения Солнца и уравненное движение широты. Вследствие этого будет известно и истинное положение Луны по отношению или к первой звезде Овна в простом движении Солнца, или по отношению к весеннему равноденствию в составном его движении после прибавления прецессии.

При помощи уравненного движения широты в седьмом и последнем столбце таблицы получим градусы широты, на которые Луна отклоняется от среднего круга зодиака. Эта широта будет северной, если движение широты находится в первой части таблицы, то есть если оно будет меньше 90 или больше 270 градусов; в противном случае широта Луны будет южной. И вот так Луна будет опускаться от севера до 360 градусов, а затем подниматься от южной границы, пока не пройдет остальные градусы окружности. Таким образом, видимое движение Луны вокруг центра Земли имеет столько же особенностей, сколько и движение центра Земли вокруг Солнца.

Глава XIII

О том, каким образом исследуется и определяется движение широты Луны

Теперь нам нужно изложить теорию движения широты Луны; создать ее, очевидно, будет труднее, так как этому препятствуют многие обстоятельства. Действительно, если бы (как мы сказали выше) пары лунных затмений были одинаковыми и подобными во всех отношениях (то есть затмевающиеся части находились в одном и том же положении — северном или южном и вблизи одного и того же эклиптического сечения — восходящего или нисходящего), то были бы одинаковыми и расстояния Луны от Земли или от верхней апсиды, так как при указанном совпадении всего этого Луна, как легко можно видеть, в истинном движении совершила бы целое число полных оборотов своей широты. Но так как земная тень имеет коническую форму, а при сечении прямого конуса плоскостью, параллельной основанию, получающийся в сечении круг будет меньше в большем расстоянии от основания и больше в меньшем и таким же при одинаковости расстояния, то и Луна на одинаковых расстояниях от Земли будет проходить через одинаковые круги тени и представлять нашим взорам свои диски одинаковой величины.

Отсюда вытекает, что если Луна кажется нам с одинаково затененными частями с одной и той же стороны на одинаковом расстоянии от центра тени, то это позволяет нам быть уверенными в одинаковости ее широт. Поэтому необходимо следует, что тогда она находится также на одинаковом расстоянии от того же эклиптического узла и уже вернулась в первоначальное положение по широте, в особенности если это положение во всех отношениях будет соответствовать первоначальному.

Действительно, приближение или удаление ее самой или Земли хотя и изменяет всю величину тени, однако настолько мало, что еле возможно заметить. Итак, чем больше промежуток времени между обоими затмениями, тем определеннее будет для нас движение широты Луны, как было сказано относительно Солнца. Но, поскольку редко можно найти пары затмений, одинаковых в этих отношениях (мы до настоящего времени таких не встречали), мы обратили внимание на то, что это можно получить и другим способом. Действительно, если при прочих равных условиях Луна будет затмеваться хотя бы и в различных частях, но в прямо противоположных сечениях, то это будет значить, что Луна во втором затмении была в точке, диаметрально противоположной первому, и кроме целого числа кругов описала еще полуокружность, что, как увидим, вполне достаточно для исследования этого дела. Итак, мы нашли пару затмений, очень близких друг к другу в этих отношениях.

Первое затмение было в седьмом году Птолемея Филометора, то есть 33
в сто пятидесятом году после смерти Александра, как говорит Клавдий, по истечении 27 дней месяца фаменота, седьмого у египтян, в ночь на 28-й день. Луна была в затмении от начала восьмого до конца десятого часа по сезонным ночным часам Александрии. В максимальной фазе затмение имело величину в семь дюймов северной части лунного диаметра и 34
происходило около нисходящего узла. Следовательно, средняя фаза затмения имела место (как он говорит) за два сезонных часа до полуночи, что составляет два с третью равноденственных часа, так как Солнце было в шестом градусе Тельца; в Кракове это соответствовало бы одному часу с третью.

Второе затмение мы наблюдали под тем же Краковским меридианом, 35
в 1509 году после рождества Христова в четвертый день до июньских нон, когда Солнце находилось на 21 градусе Близнецов. Средняя фаза этого затмения была после полудня этого дня через 11 и три пятых равноденственных часа, причем затмилось приблизительно восемь дюймов лунного диаметра с южной стороны около восходящего узла.

Итак, от начала счета лет Александра прошло сто сорок девять египетских лет 206 дней $14^1/_3$ часа в Александрии, но в Кракове 13 часов с третью обычного времени, а по точному счету $13^1/_2$ часа. В это время величина аномалии была по нашему расчету почти совпадающей с птолемеевской и равной 163 градусам 33 минутам в среднем движении, простаферез равнялся 1 градусу 23 минутам, на которые истинное положение Луны было меньше среднего. Ко второму затмению, если считать также от установленной эпохи Александра, прошло тысяча восемьсот тридцать два года 295 дней 11 часов 45 минут видимого времени, или 11 часов 55 минут среднего, откуда среднее движение Луны было 182 градуса 18 минут, аномалия — 159 градусов 55 минут, уравненная — 161 градус 13 минут; простаферез, на который среднее движение было меньше видимого, равнялся одному градусу 44 минутам.

Следовательно, ясно, что в обоих затмениях расстояние Луны от Земли было одинаковым и Солнце в обоих случаях почти что находилось в апогее, но разность затемнений составляла один дюйм. Так как диаметр Луны обычно занимает приблизительно полградуса, как мы покажем позднее, то его двенадцатая часть, или дюйм, будет равняться $2^1/_2$ минуты, которым на наклонной орбите Луны вблизи эклиптических сечений соот- 36
ветствует приблизительно половина градуса. На эту величину во втором затмении Луна больше отстояла от восходящего узла, чем в первом затмении от нисходящего. Отсюда совершенно ясно, что истинное движение широты Луны равнялось (после исключения полных оборотов) $179^1/_2$ градуса. Но лунная аномалия между первым и вторым затмениями добавляет к среднему движению 21 минуту, на которую разнятся друг с другом оба простафереза.

Таким образом, среднее движение широты Луны будет (по исключении полных оборотов) 179 градусов 51 минута. Время между обоими затмениями было тысяча шестьсот восемьдесят три года восемьдесят восемь дней 22 часа 35 минут видимого времени, совпадавшего со средним. В это время было совершено двадцать две тысячи пятьсот семьдесят семь полных средних оборотов и 179 градусов 51 минута, что совпадает с приведенными выше нашими цифрами.

Глава XIV

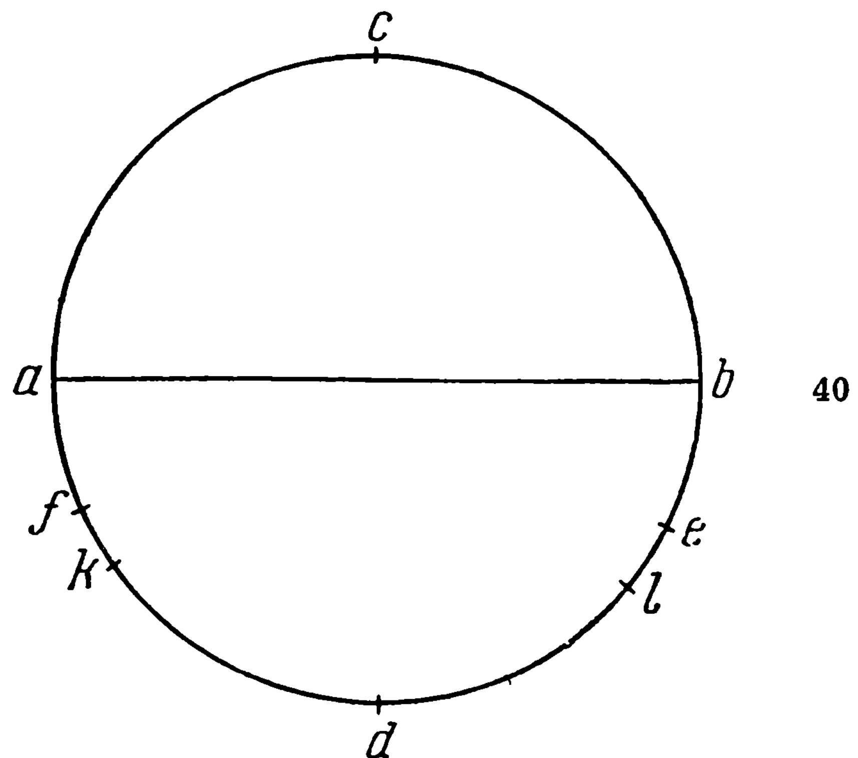
Об эпохах аномалии движения Луны по широте

Для того чтобы и в упомянутых движениях установить начальные положения для принятых заранее эпох, возьмем и здесь пару лунных затмений не вблизи одного и того же эклиптического сечения и не в двух диаметрально противоположных точках с разных сторон, как выше, а в одну и ту же сторону к северу или югу при сохранении, однако, всех прочих условий, как мы сказали, согласно предписанию Птолемея, при наличии которых мы безошибочно достигнем нашей цели.

37 Итак, первое затмение, которым мы пользовались также при исследовании и других движений Луны, было наблюдавшееся, как мы сказали, К. Птолемеем в девятнадцатый год Адриана по прошествии первых двух дней месяца хойяк за один равноденственный час до полуночи в Александрии, а в Кракове за два часа до полуночи, после которой следовал третий день. Величина затмения в средней фазе равнялась пяти шестым диаметра, то есть десяти дюймам с севера, причем Солнце находилось на 25,10 градуса Весов, лунная аномалия равнялась 64 градусам 38 минутам, а вычитаемый простаферез — 4 градусам 20 минутам, и затмение происходило около нисходящего узла.

38 Второе затмение с большой тщательностью мы наблюдали в Риме в тысяча пятисотом году после рождества Христова на следующий день после ноябрьских нон в два часа пополуночи той ночи, рассвет которой приходился на восьмой день до ноябрьских ид. Но в Кракове, который находится на пять градусов восточнее, это было в два часа с третью после полуночи, причем Солнце было на 23;16 градуса Скорпиона; затмилось снова десять дюймов с севера. Таким образом, от смерти Александра получается тысяча восемьсот двадцать четыре египетских года восемьдесят четыре дня четырнадцать часов 20 минут обычного времени, что соответствует 14 часам 16 минутам среднего. Луна в среднем движении находилась на 174 градусах 14 минутах, лунная аномалия равнялась 294 градусам 44 минутам, а уравненная — 291 градусу 35 минутам, прибавляемый простаферез равнялся 4 градусам 27 минутам.

Ясно, что в обоих этих затмениях расстояния Луны от своей верхней апсиды были приблизительно одинаковы, Солнце в обоих случаях находилось около середины расстояния между апсидами и продолжительность затемнения была одинаковой. Все это означает, что широта Луны была южной и тоже одинаковой, а поэтому Луна находилась на одинаковых расстояниях от узлов, в одном случае восходящего и другом — нисходящего. Между обоими затмениями прошло тысяча триста шестьдесят шесть египетских лет 358 дней 4 часа 20 минут обычного времени, или 4 часа 24 минуты среднего, в течение которых движение широты равнялось 159 градусам 55 минутам. 39



Пусть *abcd* будет наклонный круг Луны, диаметр которого *ab* будет линией пересечения с зодиаком; пусть *c* будет северным пределом, а *d* — южным, нисходящее эклиптическое сечение — *a*, восходящее — *b*. Возьмем также к югу две равные дуги *af*, *be*, так чтоб первое затмение было в точке *f*, а второе в *e*; пусть *fk* будет отнимаемый простаферез в первом затмении, а *el* — прибавляемый во втором. Дуга *kl* равняется 159 градусам 55 минутам; если мы прибавим к ней *fk* — 4 градуса 20 минут и *el*, равную 4 градусам 27 минутам, то вся дуга *fkle* будет равна 168 градусам 42 минутам, а ее дополнение до полуокружности—11 градусам 18 минутам. Половина этой величины составляет 5 градусов 39 минут, что дает величину каждой из дуг *af* и *be* — истинных расстояний Луны от сечений *a*, *b*. Вследствие этого *afk* равняется 9 градусам 59 минутам. Отсюда получается среднее расстояние аргумента широты от северного предела, то есть *cafk*, равное 99 градусам 59 минутам. 40 41

Для этого положения и времени упомянутого Птолемеева наблюдения прошло от смерти Александра 457 египетских лет 91 день и 10 часов видимого времени, среднего — 9 часов 54 минуты, в течение которых среднее движение широты равнялось 50 градусам 59 минутам. Если мы вычтем их из 99 градусов 59 минут, то останется 49 градусов в полдень первого дня первого египетского месяца Тот в начале летоисчисления от Александра, но по Краковскому меридиану. Отсюда согласно разностям времен начальные точки движения широты Луны, отсчитываемые от северного предела, определяются и для других эпох, откуда мы получаем и само движение. Так как от первой олимпиады до смерти Александра прошел 451 год 247 дней, от которых при переходе к среднему времени отнимаются семь часовых минут, то в течение этого времени движение широты состав-

ляет 136 градусов 57 минут; затем от первой олимпиады до Цезаря прошло 730 египетских лет 12 часов, к которым при переходе к среднему времени прибавляются 10 часовых минут, и в течение этого времени движение широты составляло 206 градусов 53 минуты. До начала христианской эры прошло 45 лет 12 дней. Значит, если от 49 градусов отнять 136 градусов и 57 минут, добавив 360 градусов полной окружности, то останется 272 градуса 3 минуты для полудня первого дня месяца гекатомбеона первой олимпиады; если к ним мы затем прибавим 206 градусов 53 минуты, то получится 118 градусов 56 минут для полуночи перед январскими календами первого года юлианского летоисчисления. После прибавления к ним 10 градусов 49 минут получается исходная точка начала христианской эры, также для полуночи перед январскими календами, а именно 129 градусов 45 минут.

Глава XV

Устройство параллактического инструмента

Что касается наибольшей широты Луны, которая в соответствии с углом пересечения ее орбиты с зодиакальным кругом получается равной пяти градусам (если всю окружность взять равной 360), то судьба не предоставила нам таких же условий ее определения, как К. Птолемею, вследствие препятствий от лунных параллактических смещений. Действительно, в Александрии, где высота северного полюса равняется 30 градусам 58 минутам, он мог ждать, когда Луна более всего приблизится к полюсу горизонта, что бывает в начале знака Рака и на северном пределе; это можно было предвычислить заранее. При помощи некоторого инструмента, называемого им параллактическим и построенного для определения параллактических смещений Луны, он нашел, что наименьшее расстояние Луны от полюса горизонта равняется только двум градусам и одной восьмой. Тог-
42 да если бы и имелся какой-нибудь параллакс, то он для такого небольшого промежуточного расстояния необходимо оказался бы очень малым. Итак, если мы отнимем два градуса и одну восьмую от 30 градусов 58 минут, то получим в остатке 28 градусов $50\frac{1}{2}$ минуты, что почти на пять целых градусов превышает наибольший наклон зодиака, который в то время равнялся 23 градусам 51 минуте 20 секундам. Эта широта Луны оказывается вполне согласующейся и с другими особенностями.

43 Параллактический инструмент состоит из трех линеек, две из которых равной длины имеют самое меньшее четыре локтя, а третья несколько длиннее. Эта последняя и одна из первых линеек соединяются с краями третьей посредством точно просверленного отверстия, в которое вставляются оси, или колышки, приспособленные так, чтобы обе линейки, двигаясь в одной плоскости, очень мало шатались в своих соединениях. На более длинной

линейке, начиная от центра ее соединения по всей длине вырезается прямая линия, на которой точнейшим образом откладывается длина, равная расстоянию между соединениями. Эта длина делится на тысячу или более (если возможно) равных частей, причем деление продолжается в таких же частях и далее, пока не дойдет до 1414 частей, стягивающих сторону квадрата, могущего быть вписанным в круг, радиус которого составляет тысячу частей. Все остальное, что превысит эту длину, может быть отрезано как излишнее.

Затем на другой линейке от центра ее соединения проводится линия, равная тысяче упомянутых частей или расстоянию между центрами соединений. Сбоку ее находятся прикрепленные к ней зрительные трубочки, как в диоптрах, через которые может проходить луч зрения. Они должны быть так между собой согласованы, чтобы их отверстия очень мало отклонялись от линии, начертанной на длине линейки, но находились на одинаковом от нее расстоянии. Нужно также позаботиться, чтобы эта линия, протянутая своим концом к более длинной линейке, могла касаться разделенной прямой на ней так, что все эти линейки составили бы равнобедренный треугольник, основанием которого была разделенная на части прямая.

После этого устанавливается и укрепляется гладко обструганный кол с правильным крестообразным сечением; к нему линейкой, на которой находятся обе связи, прикрепляется описанный инструмент; это делается при помощи каких-нибудь петель, в которых он мог бы вращаться наподобие двери, однако так, чтобы прямая линия, проходящая через центры отверстий, всегда стояла точно по отвесу и направлялась к полюсу горизонта, представляя как бы ось последнего.

Если требуется определить расстояние какого-нибудь светила от полюса горизонта, то наводим на это светило трубочки подвижной линейки. Придвигая снизу линейку с разделенной прямой, можем определить, сколько частей стягивают угол, заключенный между лучом зрения и осью горизонта. Зная, что диаметр круга имеет 20 тысяч таких частей, по таблице хорд получим искомую дугу большого круга между светилом и полюсом горизонта.

Глава XVI

О том, как определяются параллактические смещения Луны

При помощи этого прибора, как мы сказали, Птолемей определил, что наибольшая широта Луны равняется пяти градусам. После этого он обратился к нахождению ее параллактического смещения. По его словам, в Александрии он нашел его равным 1 градусу 7 минутам, когда Солнце

находилось на 5 градусах 28 минутах Весов, а среднее движение Луны относительно Солнца составляло 78 градусов 13 минут, средняя аномалия — 262 градуса 20 минут, движение широты — 354 градуса 40 минут, прибавляемый простаферез — 7 градусов 26 минут; следовательно, место Луны было на 3 градусах 9 минутах Козерога, уравненное движение широты — 2 градуса 6 минут, северная широта Луны — 4 градуса 59 минут, ее склонение по отношению к равноденственному кругу — 23 градуса 49 минут, широта Александрии — 30 градусов 58 минут. Луна была, как он сказал, почти на меридиане и при помощи инструмента была усмотрена на расстоянии 50 градусов 55 минут от полюса горизонта, то есть более чем на 1 градус и 7 минут по сравнению с тем, что требовало вычисление.

На основании этого согласно с теорией древних относительно эксцентрического круга и эпицикла Птолемей показывает, что расстояние Луны от центра Земли в тот момент составляло 39 целых и 45 шестидесятых долей части, каких в радиусе Земли имеется одна, а также и все то, что получается отсюда на основании отношений между этими кругами. А именно, что Луна в наибольшем удалении от Земли (что, как говорят, соответствует апогею эпицикла в новолунии и полнолунии) находится на расстоянии 64 таких частей и 10 шестидесятых, то есть одной шестой упомянутой части; в минимальном же удалении (что имеет место в квадратурах и при Луне, разделенной пополам) в перигее на эпицикле она отстоит всего лишь на 33 части и 33 шестидесятых. Отсюда он определил величины параллаксов, соответствующие девятидесятому градусу, считая от полюса горизонта: минимальный равняется 53 минутам 34 секундам, максимальный — одному градусу 43 минутам, что можно подробнее видеть из его рассуждений.

Желающие исследовать это могут легко увидеть, что в действительности все обстоит совершенно иначе, как мы сами многократно имели возможность убедиться. Приведем только два наблюдения, которыми еще раз подтверждается, что наши предположения относительно Луны более верны, чем его, так как они оказываются более согласными с явлениями и не
44 оставляют никакого сомнения. А именно в 1522 году от рождества Христова в пятый день до октябрьских календ, когда после полудня прошло
45 пять с двумя третями часов среднего времени, около захода Солнца в Гинополе при помощи параллактического прибора мы наблюдали центр Луны на меридиане и определили его расстояние от полюса горизонта равным 82 градусам 50 минутам. От начала христианского летоисчисления до этого часа прошло тысяча пятьсот двадцать два египетских года 284 дня 17 и две трети часа обычного времени, по уравненному — 17 часов 24 минуты. Вследствие этого видимое положение Солнца согласно вычислению было на 13 градусах 29 минутах Весов, положение Луны в среднем движении относительно Солнца — 87 градусов 6 минут, средняя аномалия — 357 градусов 39 минут, а истинная — 358 градусов 40 минут, добавляющая 7 минут, так что истинное положение Луны было на 12 градусах 32 минутах

Козерога. Среднее движение широты от северного предела было сто девяносто семь градусов одна минута, истинное — 197 градусов 8 минут; южная широта Луны была 4 градуса 47 минут, а склонение по отношению к равноденственному кругу — 27 градусов 41 минута, широта места нашего наблюдения — 54 градуса 19 минут. Если сложить это с лунным склонением, то мы получим истинное расстояние от полюса горизонта, равное 82 градусам. Следовательно, излишние 50 минут произошли от 46
параллактического смещения, которое согласно данным Птолемея должно было бы равняться одному градусу 17 минутам.

Приведем еще и другое наблюдение в том же самом месте. В тысяча пятьсот двадцать четвертом году христианской эры в седьмой день до 47
августовских ид в шесть часов пополудни мы при помощи того же прибора наблюдали Луну на расстоянии 82 градусов от полюса горизонта. От начала христианского летоисчисления до этого часа прошло 1524 египетских года 234 дня 18 часов, и точно 18 часов. Согласно вычислению положение Солнца было на 24 градусах 14 минутах Льва, среднее движение Луны по отношению к Солнцу — 97 градусов 5 минут, средняя аномалия — 242 градуса 10 минут, исправленная — 239 градусов 38 минут, добавляющая к среднему движению почти семь градусов, так что истинное положение Луны было на 9 градусах 39 минутах Стрельца, среднее движение широты — 193 градуса 19 минут, а истинное — 200 градусов 17 минут, южная широта Луны — 4 градуса 41 минута, южное склонение — 26 градусов 36 минут, что вместе с широтой места наблюдения, равной 54 градусам 19 минутам, составляет расстояние Луны от полюса горизонта, равное 80 градусам 55 минутам. Но наблюдение дало 82 градуса. Следовательно, избыточные один градус и 5 минут перешли в лунный параллакс, который, согласно Птолемею, должен был равняться одному градусу 38 минутам и в соответствии с мнением предшественников, в чем заставляет признаться вытекающее из их гипотезы гармоническое отношение.

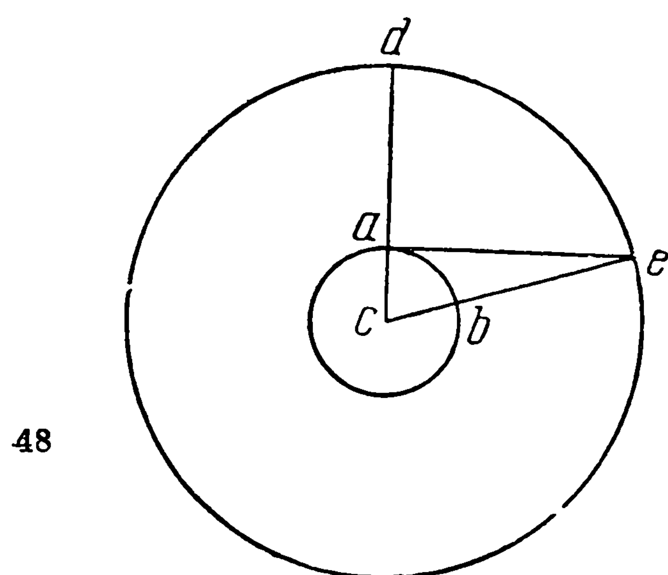
Глава XVII

Определение расстояния Луны от Земли и как оно выражается в частях, если расстояние от центра Земли до поверхности принять за одну часть

Из этого уже становится ясным, каково будет расстояние Луны от Земли. Не зная этого расстояния, мы не можем найти точной величины параллактических смещений, поскольку они взаимно связаны. Определим его следующим образом. Пусть *ab* будет большой круг Земли, а *c* — его центр. Опишем около него другой круг, по отношению к которому земной круг

имеет заметную величину; пусть этот круг будет *de*, а точка *d* — полюс горизонта; в *e* находится центр Луны, так что его расстояние от полюса горизонта *de* известно. Так как угол *dae* в первом наблюдении равнялся 82 градусам 50 минутам, а *ace* согласно вычислению составил только 82 и их разность *aec* была 50 минут, получившихся в результате параллактического смещения, то в треугольнике *aec* будут даны все углы, а значит, и стороны.

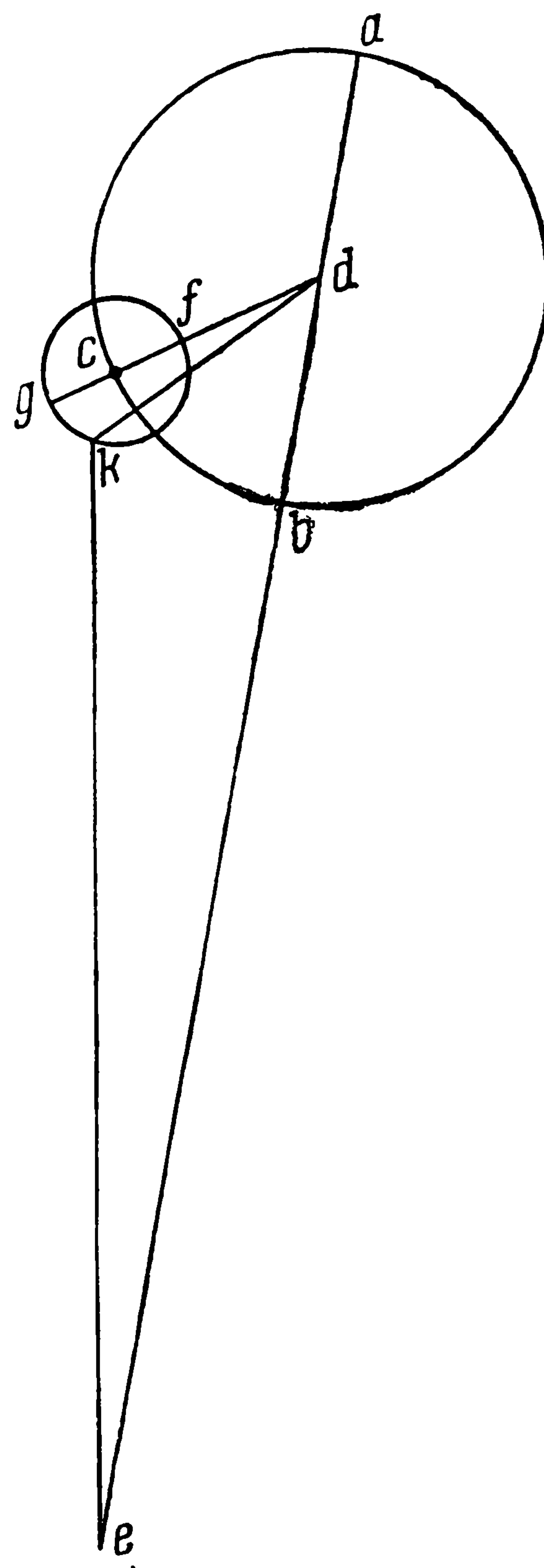
Действительно, поскольку угол *cae* задан, то сторона *ce* будет иметь 99 219 частей, каких в диаметре круга, описанного около треугольника *aec*, содержится сто тысяч, а *ac* — 1454 такие части. Следовательно, если *ac* — радиус Земли — принять за одну часть, то в *ce* таких частей будет приблизительно шестьдесят восемь. Таково было расстояние Луны от центра Земли в первом наблюдении. А во втором угол *dae* по наблюдению равнялся 82 градусам, вычисленный же угол *ace* — 80 градусам 55 минутам и разность — угол *aec* — 65 минутам. Таким образом, сторона *ec* имеет 99 027 частей, а
48 *ac* — 1891 часть, каких в диаметре круга, описанного около треугольника, содержится 100 000. Таким образом, расстояние *ce* Луны составляло
49 56 частей и 42 шестидесятых, если радиус Земли *ac* равнялся одной части.



Пусть *abc* представляет больший эпицикл Луны, центр которого *d*. Возьмем в *e* центр Земли и проведем прямую линию *ebda*; пусть *a* будет апо-
50 гей, *b* — перигей. Затем возьмем дугу *abc* — 242 градуса 10 минут в соответствии с вычисленной средней аномалией Луны; из центра *c* опишем второй эпицикл *fgk*, дуга *fgk* которого равнялась бы 194 градусам 10 минутам — удвоенному расстоянию Луны от Солнца, и соединим *dk*. Эта прямая, отнимая от аномалии два градуса 27 минут, дает в остатке угол *kdb* уравненной аномалии 59 градусов 43 минуты, так как весь угол *cdb* равнялся 62 градусам 10 минутам, на которые дуга *abc* превышала полуокружность,
51 а угол *bek* составлял 7 градусов.

Таким образом, в треугольнике *kde* даются углы в градусах, 180 которых составляют два прямых угла; дается также и отношение сторон *de* — 91 856 частей и *ek* — 86 354 части, каких в диаметре круга, описанного около треугольника *kde*, будет сто тысяч; если же *de* принять за сто тысяч,
52 то *ke* будет равна 94 010. Но выше было показано, что *df* будет иметь 8600 таких частей, а вся линия *dfg* — 13 340. Следовательно, если при таком дан-
53 ном отношении *ek* (как было показано) равняется 56 и 42 шестидесятым таких частей, каких в радиусе Земли будет одна, то отсюда получается, что в *de* будет таких частей 60 и 18 шестидесятых, в *df* — 5 и 11 шестидесятых, в *dfg* — 8 и 2 шестидесятых, а вся *edg*, вытянутая в прямую линию,

будет содержать 68 частей с третью — максимальная высота поднятия Луны, разделенной пополам. Если мы отнимем *dg* из *ed*, то останутся 52 части и 17 шестидесятых, представляющие наименьшее ее расстояние. Точно так же вся *edf*, изображающая высоту полной и новой луны, будет в максимуме равна $65^1/_2$ части, а если вычесть *df*, то в минимуме 55 частей и 8 шестидесятых. И нас не должно беспокоить то обстоятельство, что некоторые полагают наибольшее расстояние полной и новой Луны равным 64 частям и 10 шестидесятым. Это, в частности, будут те, для которых из-за положения их местностей параллаксы Луны могут обнаруживаться только частично. Мы же имели возможность более полно их наблюдать вследствие большего приближения Луны к горизонту, около которого, как ясно, параллаксы имеют большую величину. И все же, несмотря на это различие, мы не нашли разницы параллаксов, большей одной минуты.



Глава XVIII

О диаметре Луны и земной тени в месте прохождения Луны

В зависимости от расстояния Луны от Земли меняются видимые диаметры Луны и тени; поэтому надлежит сказать и об этом. И хотя диаметры Солнца и Луны при помощи Гиппархова диоптра определяются правильно, однако, для Луны, многие полагают более надежным производить это определение при помощи некоторых особых затмений, в которых она находится на одинаковых расстояниях от своей верхней или нижней апсиды, в частности если и Солнце окажется тогда в таком положении, что в обоих случаях будет одинаков и круг тени, через который Луна проходит, но только будут затемненными неодинаковые части. Действительно, очевидно, что, сопоставляя разность затмившихся частей и широту Луны, можно определить, какую часть окружности вокруг центра Земли стягивает лунный диаметр. Установив это, мы сейчас же можем определить и полудиаметр тени, что лучше выяснить на примере.

Так, если в средней фазе первого затмения покрылись тьмой три дюйма, или три двенадцатых части диаметра, Луны, имевшей широту 47 минут 54 секунды, а во втором — десять дюймов с широтой 29 минут 37 секунд, то разности—семь дюймов затемненных частей и 18 минут 17 секунд широты будут пропорциональны 12 дюймам и 31;20 минутам, стягивающим лунный диаметр. Таким образом, ясно, что в средней фазе первого затмения центр Луны вышел за пределы тени на четверть своего диаметра; в котором содержится 7 минут 50 секунд широты. Если отнять их от 47 минут 54 секунд всей широты, то останутся 40 минут 4 секунды полудиаметра тени. Так же во втором затмении, где сверх широты Луны тень занимала 10 минут 27 секунд как треть лунного диаметра, после прибавления 29 минут 37 секунд получаются те же 40 минут 4 секунды полудиаметра тени.

По мнению Птолемея, при соединении или противостоянии Солнца и Лу-
54 ны в наибольшем расстоянии от Земли диаметр Луны равняется 31 минуте с третью; такой же величины будет и диаметр Солнца, как, по его утверждению, он нашел при помощи Гиппархова диоптра; диаметр же тени занимает один градус 21 минуту с третью. Он полагал, что их взаимное отношение будет, как 13 к 5, то есть как два и три пятых к единице.

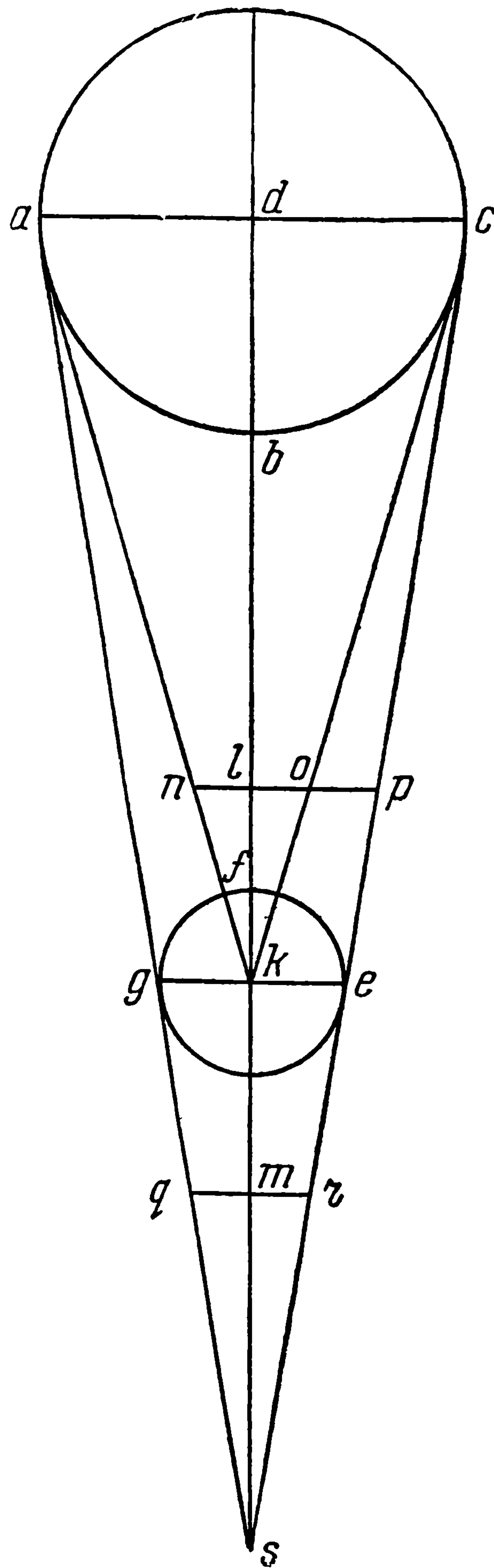
Глава XIX

О том, каким образом одновременно определяются расстояния Солнца и Луны от Земли, диаметры их и тени в месте прохождения Луны, а также ось тени

Солнце тоже производит некоторый параллакс, но он, будучи очень малым, нелегко поддавался бы наблюдению, если бы не были друг с другом связаны следующие величины, а именно расстояния Солнца и Луны от Земли, диаметры их и земной тени в месте прохождения Луны, а также ось тени Земли. Вследствие этого они взаимно определяются в теоретических доказательствах. Сначала мы приведем мнения Птолемея относительно их и его способ доказательства, а потом постараемся выделить из них то, что, по-видимому, будет наиболее правильным.

Птолемей принял, что видимый диаметр Солнца равняется 31 минуте
55 с третью, и этой величиной он пользуется во всех случаях; ей также равен диаметр полной и новой Луны в апогее, который, по его словам, находится на расстоянии 64 частей и 10 шестидесятых, если половину диаметра Земли принять за одну часть. На основании этого он вывел все остальное таким образом.

Пусть *abc* будет круг солнечного шара с центром *d*; круг земного шара в наибольшем его расстоянии от Солнца будет *efg* со своим центром в *k*; *ag* и *ce* будут касательные к обоим кругам прямые линии, сходящиеся при продолжении в вершине конуса тени в точке *s*, а прямая *dks* проходит через центры Солнца и Земли. Проведем *ak*, *kc* и соединительные прямые *ac* и *ge*; последние должны совсем мало отличаться от диаметров вследствие очень большого их расстояния.



Отложим на *dks* одинаковые отрезки *lk*, *km* в соответствии с расстояниями, которые полная и новая Луна имеет в апогее; по мнению Птолемея, это будут 64 части и 10 шестидесятых, если *ek* принять равной одной части; тогда *qmr* будет диаметр тени в таком прохождении Луны, а *nlo* перпендикулярный к *dk* диаметр Луны; продолжаем *lop*. Сначала следует определить величину отношения *dk* и *ke*. Так как угол *nko* равен 31 минуте с третью (если принять, что четыре прямых соответствуют 360 градусам), то половина его *lko* будет равна 15 минутам с двумя третями, а угол при *l* прямой.

Следовательно, в треугольнике *lko* с заданными углами дано отношение сторон *kl* и *lo* и длина *lo*, именно 17 первых и 33 вторых шестидесятых частей, каких в *lk* содержится 64 и 10 шестидесятых, а в *ke* — одна; а так как *lo* относится к *mr*, как 5 к 13, то *mr* будет равна 45 первым и 38 вторым шестидесятым таких же частей. Поскольку же *lop* и *mr*, равноотстоящие от *k*, параллельны *ke*, то вследствие этого *lop* и *mr*, вместе взятые, дадут удвоенную *ke*. Если отбросить от последней *mr* и *lo*, то в остатке получится *op*, равная 56 первым, 49 вторым шестидесятым. Но на основании второго предложения шестой книги Евклида *ec* и *pc*, *kc* и *oc*, *kd* и *ld* будут пропорциональны и их отношение равно отношению *kl* к *op* или 60 первых шестидесятых к 56 первым и 49 вторым.

Подобным образом определяется *ld*, равная 56 первым и 49 вторым шестидесятым таких частей, каких во всей *dlk* будет одна, и, следовательно, остаток *kl* будет равняться 3 первым и 11 вторым шестидесятым. Поскольку *kl* равнялась 64 частям и 10 шестидесятым, если *fk* принять равной одной части, то вся *kd* будет составлять 1210 таких частей. Теперь

также становится ясным, что *mr* будет равна 45 первым и 38 вторым шестидесятым таких же частей, откуда получается отношение *ke* к *mr* и *kms* к *ms*. Именно *km* будет составлять 14 первых и 22 вторых шестидесятых частей от *kms*, и обратно: если *km* составляет 64 части и 10 шестидесятых, то вся *kms* — ось земной тени — будет равна 268 таким же частям. Вот так говорит Птолемей.

Другие после Птолемея, найдя, что это не вполне соответствует наблюдаемому, сообщили об этом кое-что иное. Они тоже считают, что наибольшее расстояние полной и новой Луны от Земли составляет 64 части и 10 шестидесятых, видимый диаметр Солнца в апогее равен 31 минуте с третью. Они также соглашаются, что диаметр тени в месте ее прохождения Луной имеет отношение 13 к 5, как и у самого Птолемея, но отрицают что видимый диаметр Луны в этих условиях будет больше $29^1/_2$ минуты, и вследствие этого полагают диаметр тени равным одному градусу 16 минутам и почти трем четвертям. Отсюда, как они полагают, следует, что расстояние солнечного апогея от Земли равно 1146 частям, а ось конуса тени — 254 таким частям, одна из которых равняется радиусу Земли. Все
56 это они считают открытием известного Аратского философа, однако такие числа никак не могут быть согласованы.

Для соглашения и исправления всего этого мы сочли нужным принять
57 видимый диаметр Солнца в апогее равным 31 минуте 40 секундам (так как необходимо, чтобы теперь он был несколько больше, чем до Птолемея), а полной или новой Луны в верхней апсиде равным 30 минутам и, наконец, диаметр тени в месте ее прохождения Луной равным 80 минутам с тремя пятыми (ибо у них отношение должно быть несколько больше, чем 5 к 13, а именно как 150 к 403); затем Солнце целиком покрывается Луной только в том случае, если ее расстояние от Земли будет меньше 62 таких частей, одна из которых равна земному радиусу. Действительно, при таких предположениях все это увязывается в точных отношениях как между собой, так и с другими и вполне согласуется с наблюдающимися затмениями Солнца и Луны.

Таким образом, в соответствии с приведенным доказательством, приняв радиус Земли *ke* равным единице, мы получим, что *lo* будет равна 17 первым и 8 вторым шестидесятым, и вследствие этого *mr* будет равна 46 первым и 1 второй шестидесятой и, наконец, *op* равна 56 первым и 51 вторым шестидесятым. И вся прямая *dlk* — расстояние Солнца в апогее от Земли — составит 1179, а *kms* — ось конуса земной тени — 265 частей, равных радиусу Земли.

Глава XX

О величине трех упомянутых светил — Солнца, Луны и Земли — и об их соотношениях

Отсюда также видно, что *kl* содержится восемнадцать раз в *kd* и что в таком же отношении будет и *lo* к *dc*. Но восемнадцать раз взятая *lo* дает 5 частей и приблизительно 27 шестидесятых, если *ke* составляет одну часть; зная отношение *sk* к *ke*, то есть 265 частей к одной, получим отношение 1444 частей, или всей линии *skd*, к 5 частям и 27 шестидесятым, то есть *dc* (ибо и эти величины будут пропорциональны); таково будет отношение диаметров Солнца и Земли. Поскольку шары находятся в тройном отношении 58
своих диаметров, то, повторив три раза множителем отношение, равное пяти и 27 шестидесятым, мы получим 162 целых без одной восьмой; во столько раз Солнце больше земного шара.

Далее, так как полудиаметр Луны составляет 17 первых и 9 вторых шестидесятых, если *ke* принять за одну часть, то вследствие этого диаметр Земли имеет к диаметру Луны отношение семи к двум, или три с половиной. Взяв это три раза, увидим, что Земля будет в сорок три раза без одной восьмой больше Луны; поэтому Солнце будет больше Луны в семь тысяч раз без одной 63-й части.

Глава XXI

О видимом диаметре Солнца и его параллактических смещениях

Так как одни и те же величины, находясь в большом отдалении, кажутся меньшими, чем на более близких расстояниях, то вследствие этого величины Солнца, Луны и земной тени, а также и параллаксы изменяются в соответствии с различиями их расстояний до Земли. На основании предыдущего все это легко определяется для любого удаления. Прежде всего выясним для Солнца.

Мы показали, что самое большее удаление от него Земли составляет 59
10 323 такие части, каких в радиусе орбиты годичного обращения содержится 10 000, а самое ближнее на остающейся части диаметра равно 9678 частям. Следовательно, расстояние верхней апсиды равняется 1179 частям, если радиус Земли принять за одну, а расстояние нижней составит 1105 таких же частей и, значит, среднее — 1142.

Если мы разделим 1 000 000 на 1179, то получим 848 частей, стягивающих в прямоугольном треугольнике меньший угол в 2 минуты 55 секунд, 60
представляющий наибольшее смещение, получающееся около горизонта.

61 Точно так же если тысячу разделим на 1105 частей наименьшего расстояния, то получится 905 частичек, стягивающих угол 3 минуты 7 секунд наибольшего смещения в нижней апсиде. Но показано, что диаметр Солнца составляет 5 частей и 27 шестидесятых, если диаметр Земли принять за одну часть; если наблюдается Солнце в верхней апсиде, то это соответствует углу 31 минута 48 секунд. Действительно, отношение 1179 частей к 5 и 27 шестидесятым равно отношению 2 000 000 частей диаметра круга к 9245, которые стягивают угол 31 минута 48 секунд. Отсюда следует, что в наименьшем удалении 1105 частей угол, под которым виден диаметр, будет 33 минуты 54 секунды. Разница между этими значениями будет 2 минуты 6 секунд, между параллактическими смещениями — всего только 12 секунд.

Птолемей предполагал, что обеими разницами можно пренебрегать вследствие малости, учитывая, что одну или две минуты нелегко заметить глазом, для секунд это тем более невозможно. Поэтому если мы будем считать наибольший солнечный параллакс всегда равным 3 минутам, то, по-видимому, не совершим никакой ошибки. Средние видимые диаметры Солнца мы будем определять по средним его расстояниям или, как делают некоторые, по видимому часовому движению Солнца, которое, как полагают, относится к его диаметру, как 5 к 66 или как единица к 14 и одной
62 пятой. Действительно, упомянутое часовое движение приблизительно пропорционально расстоянию Солнца.

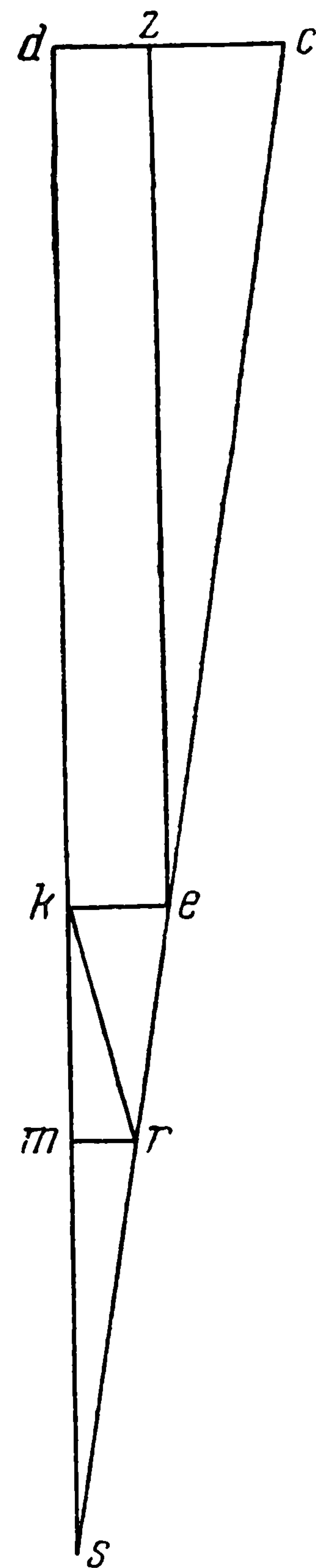
Глава XXII

О неодинаковости видимого диаметра Луны и об ее параллактических смещениях

У Луны, как у самого близкого светила, для обеих упомянутых величин получается более значительная разница. Действительно, наибольшее удаление ее от Земли в новолунии и полнолунии составляет $65^1/_2$ части, а наименьшее согласно показанному выше равно 55 частям и 8 шестидесятым; для Луны, разделенной пополам, наибольшее удаление будет 68 частей 21 шестидесятых, а наименьшее —52 части 17 шестидесятых. Итак, для этих четырех крайних точек параллаксы восходящей или заходящей Луны мы получим, разделив полудиаметр круга на расстояния Луны от Земли, а именно для наибольшего удаления Луны, разделенной пополам, 50 минут 18 секунд, а полной или новой Луны —52 минуты и 24 секунды, для нее же в наименьшем удалении —62 минуты 21 секунда; а для наименьшего удаления разделенной пополам 65′ 45″. Отсюда получаются и видимые диаметры Луны.

Действительно, было показано, что диаметр Земли относится к диаметру Луны, как 7 к 2, а радиус Земли к диаметру Луны, как 7 к 4. В этом отношении будут находиться и параллаксы к видимым диаметрам Луны, так как прямые линии, заключающие углы больших параллактических смещений, не отличаются от таких же линий, стягивающих видимые диаметры в одном и том же прохождении Луны, а сами углы приблизительно пропорциональны стягивающим их прямым линиям, и разница между ними неощутима.

Из этого сопоставления ясно, что для первой границы уже изложенных параллактических смещений Луны ее видимый диаметр будет 28 минут и три четверти, на второй — почти 30 минут, на третьей — 35 минут 38 секунд, на последней — 37 минут 34 секунды. Согласно предположению Птолемея и других он должен был бы равняться приблизительно одному градусу, и, следовательно, получалось бы, что Луна, светящая наполовину, доставляла бы Земле столько же света, сколько и полная.



Глава XXIII

О мере изменения земной тени

Мы уже сказали, что диаметр тени относится к диамет- 63
ру Луны, как 403 к 150. Вследствие этого в полнолунии и новолунии, когда Солнце находится в апогее, он будет иметь в качестве наименьшего значения 80 минут 36 секунд, а наибольшего — 95 минут 44 секунды, так что наибольшая разница будет 15 минут 8 секунд. Величина земной тени изменяется даже в одном и том же прохождении Луны в зависимости от неодинаковости расстояния Земли от Солнца; это происходит таким образом.

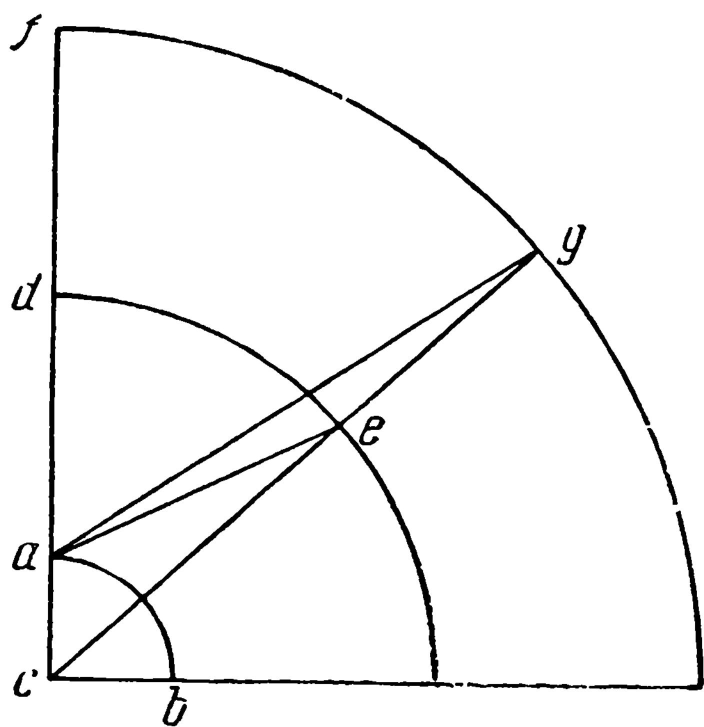
Снова, как на предыдущем чертеже, проведем прямую линию *dks* через центры Солнца и Земли и касательную *ces* вместе с соединительными прямыми *dc* и *ke*. Так как было доказано, что когда расстояние *dk* равняется 1179 частям, каких в *ke* имеется одна, а в *km* — 62 такие же части, то полудиаметр тени *mr* составляет 46 первых и 1 вторую шестидесятую той же части, равной *ke*, а угол видимости *mkr* равен 42 минутам 32 секундам (если соединить на чертеже *k* и *r*) и ось тени *kms* составляет 265 частей. Когда Земля будет всего ближе к Солнцу, так что *dk* равна 1105 частям, то величину земной тени для такого прохождения Луны мы определим так.

Проведем *ez* параллельно *dk*, получится пропорциональность *cz* к *ze* и *ek* к *ks*. Но *cz* равна 4 частям и 27 шестидесятым, а *ze* —1105. Далее, *ze* и остаток *dz* равны *dk* и *ke*, так как *kz* —параллелограмм. Следовательно, *ks* будет содержать 248 и 19 шестидесятых таких частей, каких в *ke* будет одна. Но *km* равнялась 62 таким же частям, и, значит, остаток *ms* будет иметь 186 и 19 шестидесятых таких же частей. Вследствие пропорциональности *sm* к *mr* и *sk* к *ke* определится *mr*, составляющая 45 первых и 1 вторую шестидесятую таких частей, каких в *ke* будет одна, а затем и угол видимости *mkr*, равный 41 минуте 35 секундам. Поэтому в одном и том же прохождении Луны из-за приближения или удаления Солнца и Земли получается наибольшая разница в диаметре тени, равная одной шестидесятой *ek*, а в угле видимости — 57 секундам, если считать четыре прямых равными 360 градусам. Поэтому отношение диаметра тени к диаметру Луны иногда имеет отношение большее, чем 13 к 5, иногда же меньшее, и указанная величина является как бы средней. Вследствие этого мы лишь немного ошибемся, если будем всегда пользоваться одним и тем же значением, избегая излишнего труда и следуя мнению древних.

Глава XXIV

Составление таблицы различных значений параллактических смещений Солнца и Луны для круга, проходящего через полюсы горизонта

64 Теперь уже не будет недоразумений при нахождении каких-либо отдельных значений параллаксов Солнца и Луны. Возьмем снова земной круг *ab* с центром *c* и полюсом горизонта и в его плоскости круг Луны *de*, Солнца *fg*, прямую *cdf* через полюс горизонта, а также *ceg*, на какой будем мыслить истинные положения Солнца и Луны; к этим положениям проведем линии зрения *ag* и *ae*. Тогда параллакс Солнца определится углом *agc*, а Луны — углом *aec*, параллактическое смещение между Солнцем и Луной изобразится углом *gae*, представляющим разность *agc* и *aec*.



Возьмем угол *acg*, для которого мы хотим их получить, например, тридцать градусов. На основании доказанного относительно плоских треугольников ясно, что если положить линию *cg* равной 1142 таким частям, которых в *ac* будет одна, то угол *agc*, на который отли-

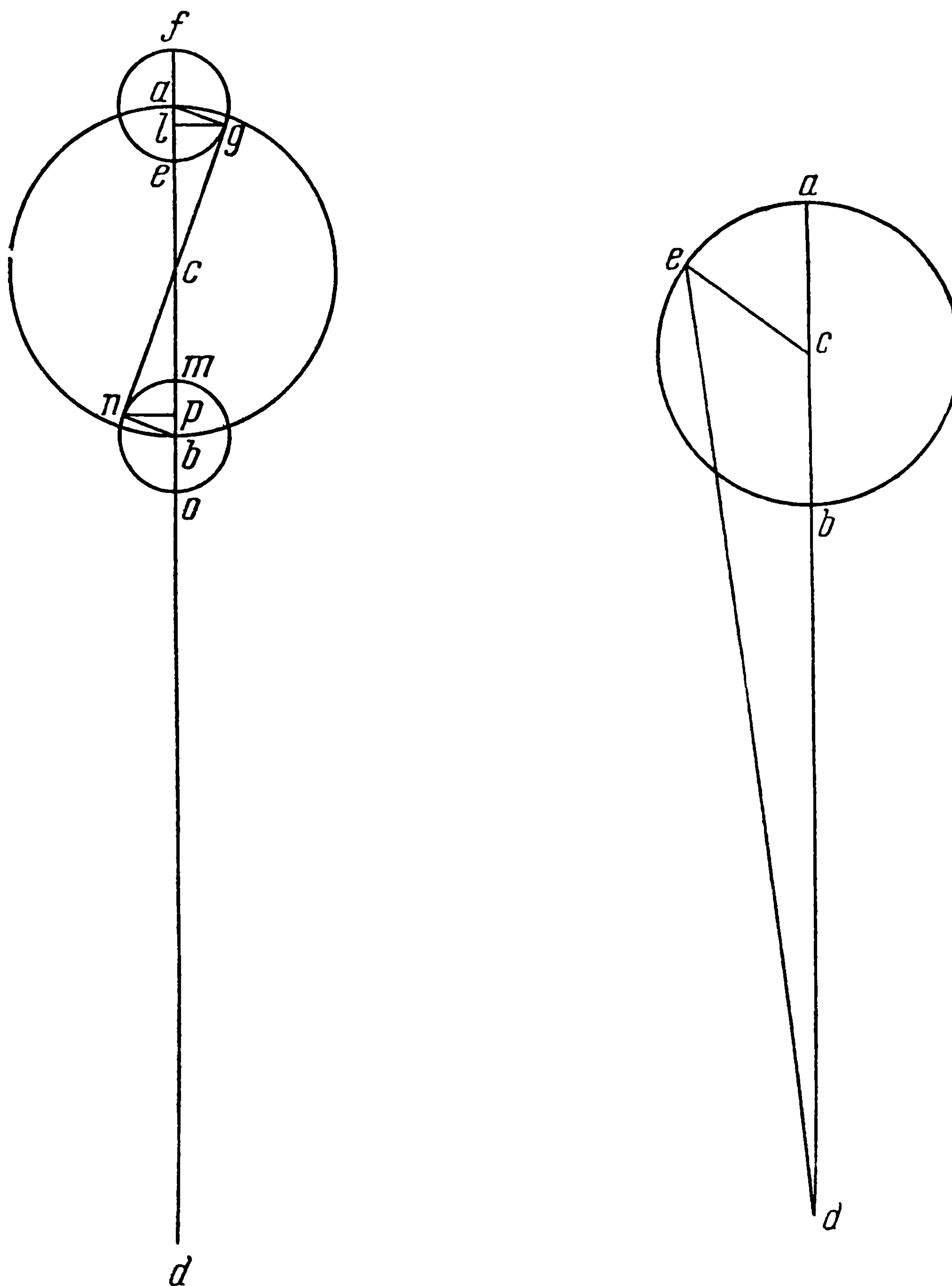
чается истинная высота Солнца от видимой, будет равен одной минуте с половиной; если же угол *acg* равен 60 градусам, то *agc* будет 2 минуты 36 секунд. Точно так же определятся его значения и в других случаях, для Луны — в четырех ее предельных точках. Если в наибольшем ее расстоянии от Земли *ce*, как мы сказали, составляет 68 и 21 шестидесятую таких частей, каких в *ca* содержится одна, и мы построим угол *dce* или дугу *de* в 30 градусов (360 которых составляют четыре прямых), то получим треугольник *ace*, в котором даны две стороны *ac*, *ce* с углом *ace*; отсюда найдем угол *aec* смещения равным 25 минутам 28 секундам. Если же *ce* составляет $65^1/_2$ упомянутых частей, то угол *aec* будет равен 26 минутам 36 секундам; подобно этому в третьем положении, когда *ce* составляет 55 частей и 8 шестидесятых, угол смещения *aec* будет 31 минута 42 секунды; наконец, в наименьшем расстоянии, когда *ce* составляет 52 части и 17 шестидесятых, угол *aec* получится равным 33 минутам 27 секундам.

Дальше, если взять дугу *de* равной 60 градусам круга, то в той же последовательности параллаксы будут иметь значения: первый — 43 минуты 55 секунд, второй — 45 минут 51 секунду, третий $54^1/_2$ минуты, четвертый $57^1/_2$. Все это мы помещаем в столбце прилагаемой таблицы, которую для большего удобства пользования располагаем в 30 строчках, как и в других таблицах, но только по шестеркам градусов, под которыми будем подразумевать удвоенное число градусов от полюса горизонта до наибольшего девяносто. Самую таблицу мы разделили на девять столбцов. В первом и втором будут общие числа градусов круга; в третьем поместим параллаксы Солнца, затем параллаксы Луны, на четвертом месте — разности, на которые наименьшие параллаксы, получающиеся при Луне разделенной пополам и в апогее, будут меньше следующих при полной и новой Луне. Шестой столбец содержит те смещения, которые производит полная или новая Луна в перигее, а следующие за ним минуты принадлежат разностям, на которые параллаксы, образуемые Луной разделенной пополам и в ближайшем к нам расстоянии, превышают упомянутые соседние с ними. Наконец, два последних места предназначаются для пропорциональных минут, при помощи которых можно вычислять параллаксы между этими четырьмя границами. Мы определим их следующим образом, в первую очередь для апогея и между первыми двумя границами.

Именно пусть круг *ab* представляет первый лунный эпицикл, центр которого *c*; взяв центр Земли *d*, проведем из него прямую линию *dbca* а из апогея *a*, как из центра, опишем второй эпицикл *efg*. Возьмем дугу *eg*, равную 60 градусам, и проведем соединительные прямые *ag*, *cg*. Так как ранее было показано, что в линии *ce* содержится 5 частей и 11 шестидесятых, если половину диаметра Земли принять за единицу, а в *dc* будет 60 и 18 шестидесятых таких же частей и в *ef* 2 и 51 шестидесятая, то, значит, в треугольнике *acg* даются стороны: *ga*, равная одной и 25 шестидесятым 65

части, и *ac* — 6 и 36 шестидесятым вместе с заключенным между ними углом *cag*.

Тогда на основании доказанного относительно плоских треугольников третья сторона *cg* будет иметь таких же частей 6 и 7 шестидесятых. Значит, вся линия *dcg*, вытянутая в прямую, или равная ей *dcl* будет иметь 66



частей и 25 шестидесятых. Но *dce* равнялась $65^{1}/_{2}$ части; следовательно, остается избыток *el* приблизительно в $55^{1}/_{2}$ шестидесятых. А при помощи
66 данного выше отношения найдем: если *dce* равняется 60 частям, то *ef* будет 2 части и 37 шестидесятых, а *el* — 46 шестидесятых. Если же *ef* равна 60 шестидесятых, то избыток *el* будет приблизительно 18. Запишем его в таблице в восьмом столбце и строке для 60 градусов.

Подобно этому будем рассуждать и относительно перигея *b*, для которого опять построим второй эпицикл *mno* с углом *mbn* в 60 градусов. Как и выше, получится треугольник *bcn* с заданными сторонами и углами и подобным образом найдется избыток *mp* почти в $55^1/_2$ шестидесятых части, если полудиаметр Земли взять за единицу. Но так как *dbm* равняется 55 и 8 шестидесятым, а мы примем ее за 60, то *mbo* будет равна 3 и 7 шестидесятым, а избыток *mp* — 55 шестидесятым. Но три и семь шестидесятых относятся к 55 шестидесятым приблизительно, как 60 к 18, так же как и выше; они отличаются лишь на небольшое число вторых шестидесятых. Таким образом произведем и остальные вычисления и полученными числами заполним восьмую колонку таблицы. Если вместо них мы будем пользоваться соответствующими числами, данными в таблице простаферезов, то не сделаем никакой ошибки. Они действительно будут приблизительно 67
такими же, и дело идет о самых незначительных величинах.

Последний столбец содержит пропорциональные минуты для значений, заключающихся между средними границами, а именно между второй и третьей. Пусть *ab* будет первый эпицикл, описываемый полной или новой Луной, и *c* — его центр; возьмем в *d* центр Земли и проведем прямую линию *dbca*. От апогея *a* возьмем какую-нибудь дугу, например *ae*, равную 60 градусам, и проведем соединительные прямые *de* и *ce*. Мы получим треугольник *dce* с двумя заданными сторонами: *cd* — 60 частей и 19 шестидесятых и *ce* — 5 частей 11 шестидесятых, а также с данным внутренним углом *dce*, представляющим дополнение угла *ace* до двух прямых. Тогда на основании доказанного о треугольниках *de* будет равняться 63 таким же частям и 4 шестидесятым. Но вся *dba* составляла $65^1/_2$ части, превосходя *ed* на 2 части и 26 шестидесятых. Но как *ab*, то есть 10 частей и 22 шестиде- 68
сятых, относится к 2 частям и 26 шестидесятым, так будет относиться и 60 к 14; последнее число мы и запишем в таблице в строке, соответствующей 60 градусам.

В соответствии с этим примером мы вычислили и все остальное и заполнили следующую ниже таблицу; мы добавили еще другую для полудиаметров Солнца, Луны и земной тени, чтобы, насколько возможно, было вычислено все.

69 *Таблица параллаксов Солнца и Луны*

Общие числа		Параллаксы Солнца		Разность для 1-й и 2-й граничных точек (вычитается)		Параллаксы Луны 2-й граничной точки		Параллаксы Луны для 3-й граничной точки		Разность для 3 и 4-й граничных точек (прибавляется)		Пропорц. минуты меньшего эпицикла b	Пропорц. минуты большего эпицикла a
град	*град*	*мин*	*сек*	*мин*	*сек*	*мин*	*сек*	*мин*	*сек*	*мин*	*сек*	*мин*	*мин*
6	354	0	10	0	7	2	46	3	18	0	12	0	0
12	348	0	19	0	14	5	33	6	36	0	23	1	0
18	342	0	29	0	21	8	19	9	53	0	34	3	1
24	336	0	38	0	28	11	4	13	10	0	45	4	2
30	330	0	47	0	35	13	49	16	26	0	56	5	3
36	324	0	56	0	42	16	32	19	40	1	6	7	5
42	318	1	5	0	48	19	5	22	47	1	16	10	7
48	312	1	13	0	55	21	39	25	47	1	26	12	9
54	306	1	22	1	1	24	9	28	49	1	35	15	12
60	300	1	31	1	8	26	36	31	42	1	45	18	14
66	294	1	39	1	14	28	57	34	31	1	54	21	17
72	288	1	46	1	19	31	14	37	14	2	3	24	20
78	282	1	53	1	24	33	25	39	50	2	11	27	23
84	276	2	0	1	29	35	31	42	19	2	19	30	26
90	270	2	7	1	34	37	31	44	40	2	26	34	29
96	264	2	13	1	39	39	24	46	54	2	33	37	32
102	258	2	20	1	44	41	10	49	0	2	40	39	35
108	252	2	26	1	48	42	50	50	59	2	46	42	38
114	246	2	31	1	52	44	24	52	49	2	53	45	41
120	240	2	36	1	56	45	51	54	30	3	0	47	44
126	234	2	40	2	0	47	8	56	2	3	6	49	47
132	228	2	44	2	2	48	15	57	23	3	11	51	49
138	222	2	49	2	3	49	15	58	36	3	14	53	52
144	216	2	52	2	4	50	10	59	39	3	17	55	54
150	210	2	54	2	4	50	55	60	31	3	20	57	56
156	204	2	56	2	5	51	29	61	12	3	22	58	57
162	198	2	58	2	5	51	56	61	47	3	23	59	58
168	192	2	59	2	6	52	13	62	9	3	23	59	59
174	186	3	0	2	6	52	22	62	19	3	24	60	60
180	180	3	0	2	6	52	24	62	21	3	24	60	60

Таблица полудиаметров Солнца, Луны и земной тени

Общие числа	Полудиаметр Солнца	Полудиаметр Луны	Полудиаметр тени		Изменение тени	
			Рукопись	Издание	Рукопись	Издание
град град	*мин сек*	*мин сек*	*мин сек*	*мин сек*	*мин*	*мин*
6 354	15 50	15 0	39 30	40 18	0	0
12 348	15 50	15 1	39 32	40 21	0	0
18 342	15 51	15 3	39 37	40 26	1	1
24 336	15 52	15 6	39 48	40 34	2	2
30 330	15 53	15 9	39 52	40 42	3	3
36 324	15 55	15 14	40 7	40 56	4	4
42 318	15 57	15 19	40 23	41 10	6	6
48 312	16 0	15 25	40 40	41 26	8	9
54 306	16 3	15 32	40 58	41 44	10	11
60 300	16 6	15 39	41 16	42 2	12	14
66 294	16 9	15 47	41 36	42 24	14	16
72 288	16 12	15 56	41 58	42 40	17	19
78 282	16 15	16 5	42 21	43 13	19	22
84 276	16 19	16 13	42 43	43 34	22	25
90 270	16 22	16 22	43 5	43 58	24	27
96 264	16 26	16 30	43 27	44 20	27	31
102 258	16 29	16 39	43 50	44 44	29	33
108 252	16 32	16 47	44 12	45 6	32	36
114 246	16 36	16 55	44 34	45 20	34	39
120 240	16 39	17 4	44 56	45 52	37	42
126 234	16 42	17 12	45 16	46 13	39	45
132 228	16 45	17 19	45 36	46 32	41	47
138 222	16 48	17 26	45 54	46 51	43	49
144 216	16 50	17 32	46 10	47 7	45	51
150 210	16 53	17 38	46 24	47 23	47	53
156 204	16 54	17 41	46 33	47 31	48	54
162 148	16 55	17 44	46 41	47 39	48	55
168 192	16 56	17 46	46 48	47 44	49	56
174 186	16 57	17 48	46 53	47 49	49	56
180 180	16 57	17 49	46 55	47 52	50	57

Глава XXV

О вычислении параллаксов Солнца и Луны

Изложим вкратце способ вычисления параллаксов Солнца и Луны по таблице. А именно при помощи удвоенного расстояния Солнца или Луны от полюса горизонта мы получаем находящиеся в таблицах параллаксы, причем для Солнца просто, а для Луны в четырех ее предельных точках. Затем по движению Луны или ее расстоянию от Солнца после их удвоения находим первые пропорциональные минуты, при помощи которых берем пропорциональные части (до 60) разностей для первой и последней предельных точек. Первые будем всегда вычитать из ближайшего следующего параллактического смещения, а вторые всегда прибавлять к тому, что имеется для предпоследней предельной точки. Таким образом, мы получим два исправленных параллакса Луны в апогее и перигее, которые меньший эпицикл увеличивает или уменьшает. Затем по лунной аномалии находим пропорциональные минуты последнего столбца, для которых берем пропорциональную часть от разности уже полученных параллаксов; ее мы всегда прибавляем к первому рассмотренному параллаксу в апогее, и получится искомый параллакс Луны для заданного места и времени.

Пусть расстояние Луны от полюса горизонта равно 54 градусам, среднее движение Луны — 15 градусов, уравненная аномалия — 100 градусов. Я хочу для этих данных определить по таблице лунный параллакс. Удваиваю градусы расстояния, получаются 108, которым в таблице соответствует разность между первой и второй границами одна минута 48 секунд, параллакс второй предельной точки 42 минуты 50 секунд, параллакс третьей предельной точки 50 минут 59 секунд, избыток для третьей и четвертой—2 минуты 46 секунд; все это я отмечу каждое в отдельности. Удвоенное движение Луны дает 30 градусов, при его помощи нахожу первые пропорциональные минуты — 5; для них беру пропорциональную часть от 60; это будет для первой разности 9 секунд. Отнимаю их от 42 минут 50
70 секунд параллактического смещения; в остатке получаются 42 минуты 41 секунда. Точно так же для второй разности, которая равнялась 2 минутам 46 секундам, пропорциональная часть будет 14 секунд; их я добавляю к 50 минутам 59 секундам второго параллактического смещения; получается 51 минута 13 секунд. Разность этих параллаксов будет 8 минут 32 секунды. После этого по градусам уравненной аномалии беру последние пропорциональные минуты; они будут 34. При помощи их беру пропорциональ-
71 ную часть от разности 8;32 минуты; это будет 4 минуты 50 секунд, которые я прибавляю к первому уравненному параллаксу; так получаются 47 минут 31 секунда. Это и будет искомый параллакс Луны на круге высоты.

Однако поскольку все параллактические смещения Луны мало отли-

чаются от соответствующих полной и новой Луне, то вполне достаточно, если мы всегда будем довольствоваться теми, которые получаются для средних пределов; они главным образом и необходимы нам при предсказании затмений. Для остальных нет надобности в такой точности, которая нам представляется не столько полезной, сколько любопытной.

Глава XXVI

О том, как различаются параллаксы по долготе и по широте

Параллаксы, в общем смысле относящиеся к Солнцу или Луне, разделяются на параллаксы по долготе и по широте в зависимости от дуг и углов взаимно пересекающихся кругов, а именно зодиака и того, который проходит через полюсы горизонта. Очевидно, что если этот круг подходит к зодиаку под прямыми углами, то он не дает никакого параллакса по долготе, но весь параллакс переходит в широту, так как один и тот же круг будет и кругом широт и кругом высот; наоборот, если зодиак стоит перпендикулярно к горизонту и совпадает с кругом высот, то Луна, если она не имеет широты, не допускает никакого другого параллакса, кроме параллакса по долготе: если она отойдет от зодиакального круга по широте, то не избежит некоторого параллакса и по долготе. Таким образом, если abc будет кругом зодиака*, стоящим перпендикулярно к горизонту, и a — полюс горизонта, то сам этот круг abc будет также и кругом высоты для Луны, не имеющей широты; пусть последняя находится в b и все ее параллактическое смещение bc будет по долготе.

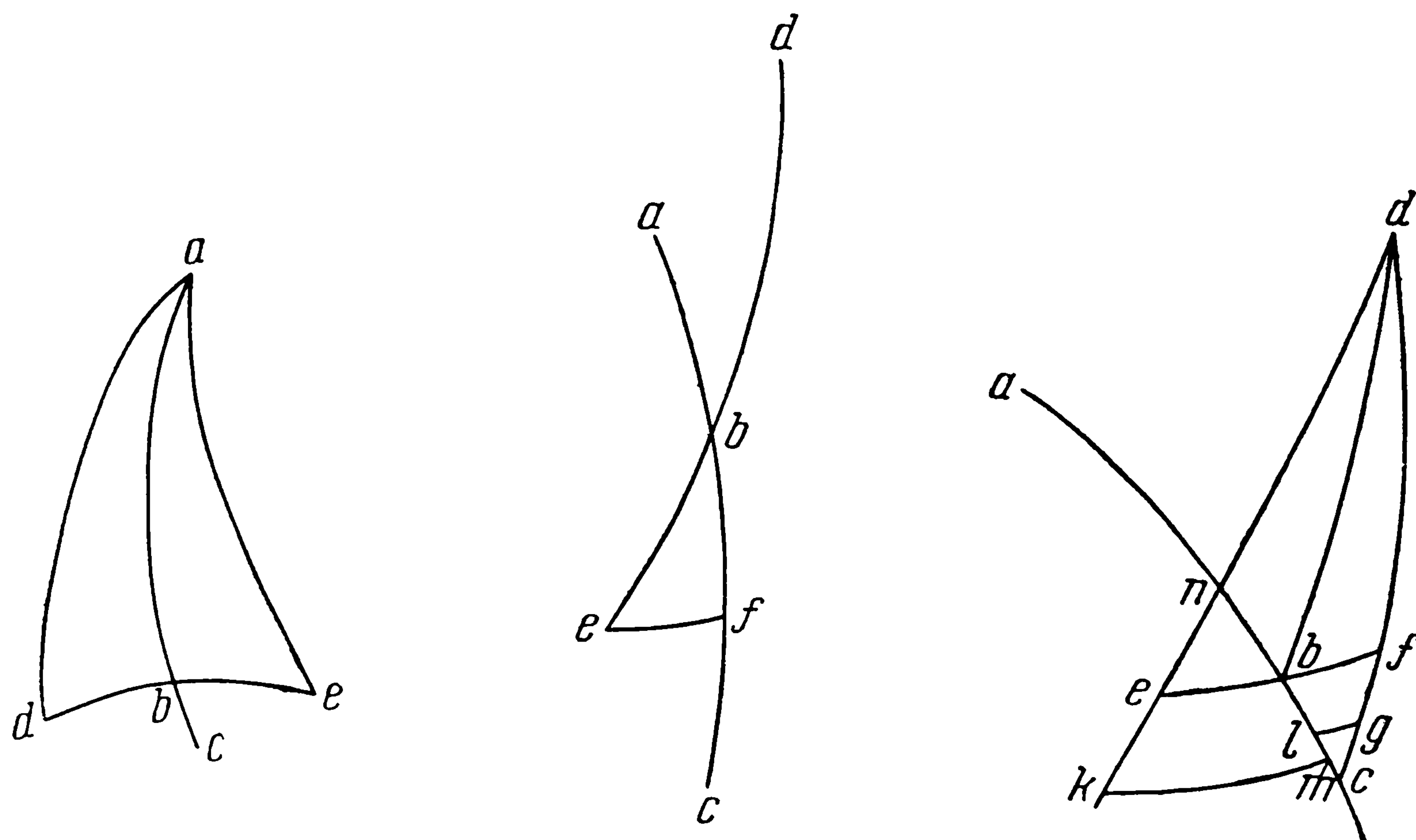
Если она имеет также и широту, то, проведя через полюсы зодиака круг dbe и взяв на нем широту Луны db или be, видим, что сторона ad или ae не равна ab и угол при d или e не будет прямым, так как круги da и ae не проходят через полюсы dbe. Таким образом, смещение будет частью переходить и в широту, и тем больше, чем ближе Луна к полюсу горизонта. Действительно, если основание de треугольника ade остается одним и тем же, то чем короче будут стороны ad и ae, тем более острые углы они будут образовывать с основанием, и чем больше Луна отойдет от полюса горизонта, тем более эти углы будут походить на прямые.

Пусть dbe будет наклонный к зодиаку abc круг высоты Луны**, не имеющей широты, как, например, в эклиптическом сечении b, а be будет параллакс на круге высоты; проведем дугу ef круга, проходящего через полюсы abc. Так как в треугольнике bef угол ebf дан, как показано выше, угол при f прямой и сторона be дана, то, следовательно, на основании доказан-

* См. левый рис. на стр. 282. *Прим. ред.*
** См. средний рис. на стр. 282.

ного относительно сферических треугольников будут даны и остальные стороны *bf*, *fe*, из которых одна представляет параллакс по долготе, а другая по широте; они, взятые вместе, эквивалентны параллаксу *be*. Но так как *be*, *ef*, *fb* вследствие их малости очень незначительно и неощутимо отличаются от прямых линий, то мы не ошибемся, если будем пользоваться этим прямоугольным треугольником как прямолинейным; таким образом, расчет будет легче.

Труднее обстоит дело, если Луна имеет широту. Возьмем снова зодиакальный круг *abc*, к которому будет наклонным круг *db*, проходящий через



полюсы горизонта; пусть *b* будет место Луны по долготе, а широта или северная *fb*, или южная *be*. Из полюса горизонта *d* проведем через Луну круги высоты *dek* и *dfc* с параллактическими смещениями *ek*, *fg*. Действительно, истинные положения Луны по долготе и широте будут в точках *e* и *f*, а видимые — в *k* и *g*; из последних под прямыми углами к зодиаку *abc* проведем дуги *km* и *lg*. Так как широта и долгота Луны, а также широта местности известны, то в треугольнике *deb* будут известны две стороны *db*, *be* и угол в сечении *abd*, а вместе с прямым *abe* и весь угол *dbe*; значит, будут даны и последняя сторона *de* вместе с углом *deb*. Подобно этому в треугольнике *dbf*, где известны две стороны *db*, *bf* с углом *dbf*, представляющим дополнение *abd* до прямого, будут даны и *df* вместе с углом *dfb*

Следовательно, для каждой дуги *de*, *df* по таблице определятся параллаксы *ek* или *fg* и истинные расстояния *de* или *df* Луны от полюса горизонта, а также и видимые *dek* или *dfg*. Но в треугольнике *ebn*, образованном пересечением *de* с зодиаком в точке *n*, даны угол *neb* и

прямой nbe с основанием be; можно узнать и последний угол bne с остающимися сторонами bn и ne. Точно так же во всем треугольнике nkm по данным углам m, n и всей стороне ken определится основание km; оно и будет видимой южной широтой Луны, избыток которой над eb и представляет параллакс по широте. Определится также и последняя сторона nbm, после отнятия nb от которой останется bm — параллактическое смещение по долготе.

Точно так же в северном треугольнике bfc по данным — стороне bf с углами bfc и прямым при b — определятся остальные стороны blc и fgc с последним углом c. После отнятия fg от fgc определится сторона gc треугольника glc с двумя известными углами — lcg и прямым clg. Вследствие этого будут даны и остальные стороны gl и lc, а отсюда и то, что останется от bc, а именно параллакс по долготе bl, и видимая широта gl, параллакс которой равен разности с истинной широтой bf. Однако (как ты видишь) такое вычисление, производящееся с очень малыми величинами, представляет больше труда, чем пользы. Действительно, вполне достаточно вместо угла dcb пользоваться abd, а вместо deb взять угол dbf и, как и раньше, вместо дуг de, ef просто будем брать всегда среднюю db, пренебрегши лунной широтой. Вследствие этого не появится никакой ошибки, в особенности в северных местностях, но в более южных странах, где b подходит к полюсу горизонта с наибольшей широтой пять градусов, и при ближайшем положении Луны относительно Земли разница может доходить почти до шести минут. В эклиптических соединениях с Солнцем, когда широта Луны не должна превосходить полутора градусов, ошибка может равняться только одной минуте и трем четвертям.

Из всего этого видно, что в восточной четверти зодиака к истинному положению Луны всегда прибавляется параллактическое смещение по долготе, а в западной четверти всегда вычитается, и так получается видимая долгота Луны. Видимая широта получается при помощи параллактического смещения по широте, причем если обе они будут в одну сторону, то соединяются вместе, если же в разные, то из большей вычитается меньшая; и то, что получится в остатке, представит видимую широту в ту сторону, куда склоняется бо̂льшая.

Глава XXVII

Подтверждение изложенного относительно лунных параллаксов

А что изложенная выше теория параллаксов Луны вполне соответствует явлениям, мы можем подкрепить многими другими наблюдениями вроде того, который мы имели в Болонье в седьмой день до мартовских ид после
захода Солнца в 1497 году после рождества Христова. Мы считали, что 72

Луна должна покрыть блестящую звезду в Гиадах, которую римляне
73 называют Палилицием. В ожидании этого мы увидели, что в конце пятого часа ночи звезда коснулась темной части лунного тела и уже стала гаснуть между рогами Луны, причем она была ближе к южному рогу примерно на третью часть ширины, или диаметра Луны. И так как согласно вычислению звезда находилась на двух градусах и 52 минутах Близнецов с южной широтой пять градусов с одной шестой, то было ясно, что в наблюдении центр Луны предшествовал звезде на половину диаметра, и вследствие этого его видимое положение было по долготе 2 градуса 36 минут, а по широте приблизительно 5 градусов 6 минут.

От начала христианского летоисчисления прошло 1497 египетских лет 76 дней и 23 часа в Болонье, в Кракове же, расположенном примерно на 9 градусах восточнее, было 23 часа 36 минут, к которым уравнение прибавляет 4 минуты. Солнце было на $28^1/_2$ градуса Рыб. Следовательно, среднее движение Луны от Солнца составляло 74 градуса, уравненная аномалия — 111 градусов 10 минут, истинное положение Луны — на 3 градусах 24 минутах Близнецов с южной широтой 4 градуса 35 минут, ибо истинное движение аргумента широты составляло 203 градуса 41 минуту. Тогда в Болонье восходил 26 градус Скорпиона под углом 59 с половиной
74 градусов и Луна находилась на 84 градусах от полюса горизонта, а угол сечения кругов высоты и зодиака равнялся примерно 29 градусам, параллакс Луны по долготе составлял один градус 51 минуту, а по широте — 30 минут, что вполне соответствует наблюдению. Таким образом, никто уже не может сомневаться в правильности наших гипотез и в том, что все следствия из них вполне соответствуют действительности.

Глава XXVIII

О средних соединениях и противостояниях Луны и Солнца

Из всего сказанного до сих пор относительно движения Луны и Солнца выясняется способ исследования их соединений и противостояний. Действительно, для времени, ближайшего к тому, когда, по нашему мнению, должно произойти то или другое, мы отыскиваем среднее движение Луны. Если мы найдем, что оно уже составляет полную окружность, то будем знать, что в полукруге получится полное соединение. Но поскольку так может получиться очень редко, то следует рассмотреть расстояние между ними. Если мы разделим его на дневное движение Луны, то будем знать, сколько времени уже пройдет или должно будет пройти, смотря по тому, будем ли мы иметь больше или меньше в движении. Теперь для этого времени определяем движения и положения, при помощи которых рас-

считаем истинные новолуния и полнолуния и отделим эклиптические соединения от других, как укажем ниже. Когда все это будет один раз установлено, то можно распространить и на другие какие угодно месяцы и продолжать на любое количество лет при помощи двенадцатимесячной таблицы, содержащей времена и средние движения аномалий Солнца и Луны и аргумента широты Луны, подбирая друг к другу найденные ранее и соответственно одинаковые затмения. Прилагаем таблицу аномалии Солнца, чтобы сразу иметь ее уравненную величину, ибо в течение одного или нескольких лет нельзя заметить ее изменения вследствие медленности движения ее начала, то есть верхней апсиды.

75

Таблица соединений и противостояний Солнца и Луны

Месяц	Доли времени					Движение лунной аномалии					Движение широты Луны				
	дни	1/60	$1/60^2$	$1/60^3$ рукопись	$1/60^3$ издание	*шестидесятки*	*град*	*мин*	рукопись *сек*	издание *сек*	*шестидесятки*	*град*	*мин*	рукопись *сек*	издание *сек*
1	29	31	50	8	9	0	25	49	0	0	0	30	40	13	14
2	59	3	40	16	18	0	51	38	0	0	1	1	20	27	28
3	88	35	30	24	27	1	17	27	0	1	1	32	0	41	42
4	118	7	20	32	36	1	43	16	0	1	2	2	40	55	56
5	147	39	10	40	45	2	9	5	0	2	2	33	21	9	10
6	177	11	0	48	54	2	34	54	0	2	3	4	1	23	24
7	206	42	50	57	3	3	0	43	0	2	3	34	41	36	38
8	236	14	41	5	12	3	26	32	0	3	4	5	21	50	52
9	265	46	31	13	21	3	52	21	0	3	4	36	2	4	6
10	295	18	21	21	30	4	18	10	0	3	5	6	42	18	20
11	324	50	11	29	39	4	43	59	0	4	5	37	22	32	34
12	354	22	1	37	48	5	9	48	0	4	0	8	2	46	48

Половины месяца между полнолунием и новолунием

$\frac{1}{2}$	14	45	55	4	$4^1/_2$	3	12	54	30	30	3	15	20	6	7

Движение солнечной аномалии

Месяц	*шестидесятки*	*град*	*мин*	рукопись *сек*	издание *сек*	Месяц	*шестидесятки*	*град*	*мин*	рукопись *сек*	издание *сек*
1	0	29	6	18	18	7	3	23	44	6	7
2	0	58	12	36	36	8	3	52	50	24	25
3	1	27	18	54	54	9	4	21	56	42	43
4	1	56	25	12	12	10	4	51	3	0	1
5	2	25	31	30	31	11	5	20	9	19	20
6	2	54	37	48	49	12	5	49	15	37	38
					Половины месяца	½	0	14	33	9	9

Глава XXIX

Об исследовании истинных соединений и противостояний Солнца и Луны

Получив согласно сказанному время среднего соединения или противостояния упомянутых светил вместе с их движениями, мы должны для нахождения истинных знать истинное расстояние, на которое одно светило предшествует другому или следует за ним. Действительно, если Луна в соединении или противостоянии будет раньше Солнца, то ясно, что истинное соединение будет, когда Солнце уже прошло искомое истинное соединение. Это выясняется из рассмотрения простаферезов обоих светил. Если бы оба они равнялись нулю или были равными и одинакового качества, то есть оба были бы прибавляемыми или отнимаемыми, то ясно, что истинные соединения или противостояния одновременно совпадут со средними. Если они не равны, то сама их разность укажет расстояние светил, причем будет предшествовать или следовать то светило, для которого избыток будет прибавляемым или отнимаемым. Если простаферезы будут в разные стороны, то тем более будет предшествовать светило с вычитаемым простаферезом; сумма этих простаферезов дает расстояние между светилами. После этого мы сообразим, сколько Луна может еще пройти целых часов, кладя по два часа на каждый градус расстояния.

Таким образом, если бы они были на расстоянии примерно 6 градусов, то мы возьмем вместо них 12 часов. Для так установленного промежутка времени будем искать истинное удаление Луны от Солнца, что легко получим, если будем знать, что среднее движение Луны за два часа составляет один градус и одну минуту, а часовое движение аномалии и истинное движение самой Луны около полнолуния или новолуния будет приблизительно 50 минут. За шесть часов они дают среднее движение 3 градуса и столько же минут и истинное продвижение аномалии пять градусов. Для них в таблице лунных простаферезов отыщем среди простаферезов разность, которую мы прибавим к среднему движению, если аномалия была в нижней части окружности, или вычтем, если она была в верхней. Полученная сумма или разность даст нам истинное движение Луны в течение взятых часов. Эта величина будет вполне удовлетворительной, если она равна прежде полученному расстоянию.

В противном случае расстояние, умноженное на число взятых часов, разделим на это движение или истинное простое расстояние разделим на взятое часовое движение. Получится истинная разность времени в часах и минутах между средним и истинным соединением или противостоянием. Эту разность мы прибавим ко времени среднего соединения или противостояния, если Луна была раньше Солнца или места Солнца на противо-

положном конце диаметра, или же вычтем, если она была позже, и получим время истинного соединения или противостояния. Правда, мы должны сознаться, что неравномерность движения Солнца должна что-то прибавить или убавить, но этим мы по праву можем пренебречь, так как на всем пути и при наибольшем удалении, которое бывает свыше семи градусов, это не сможет заполнить даже одной минуты, и указанный способ счета лунных обращений является наиболее надежным. Действительно, те, кто пользуется только часовым движением Луны, которое они называют часовым опережением, иногда ошибаются и часто бывают принуждены повторять вычисления. Луна переменчива даже в часах и не остается себе подобной. Со временем истинного соединения или противостояния согласуем истинное движение аргумента широты для определения самой широты Луны и истинного положения Солнца, считая от весеннего равноденствия, то есть в знаках зодиака; этим определится, займет ли Луна то же самое или прямо противоположное место.

Определив таким образом среднее время для Краковского меридиана, мы указанным ранее способом переводим его в истинное. Если бы мы захотели установить это для какого-нибудь другого места кроме Кракова, то возьмем его долготу, на каждый ее градус положим 4 минуты времени и на каждую минуту долготы 4 секунды времени; все это мы прибавляем к Краковскому времени, если рассматриваемое место будет восточнее, и вычитаем, если оно западнее. Полученная сумма или разность даст время соединения или противостояния Солнца и Луны.

Глава XXX

О том, как отличаются от других эклиптические соединения или противостояния Солнца и Луны

Будут ли эти соединения эклиптическими или нет, определяется для Луны легко, ибо если ее широта будет меньше полусуммы диаметров Луны и тени, то Луна претерпевает затмение, если же больше, то нет. Относительно Солнца будет гораздо больше хлопот, поскольку здесь примешивается параллакс обоих светил, вследствие которого видимое соединение большей частью отличается от истинного.

Таким образом, найдя величину параллактического смещения по долготе во время истинного соединения, отыщем подобным же образом видимое расстояние Луны от Солнца за один час до истинного соединения для восточной или после него для западной четверти зодиака, чтобы узнать величину видимого движения Луны от Солнца за один час. Если найденное параллактическое смещение по долготе мы разделим на это часовое движение, то получим разность времен между истинным и видимым соеди-

нениями. Если мы отнимем ее от времени истинного соединения для восточной части зодиака или прибавим для западной (ибо в первом случае видимое соединение предшествует истинному, во втором же следует), то получится искомое время видимого соединения. Для этого времени подсчитаем широту Луны относительно Солнца или расстояние между центрами Солнца и Луны в видимом соединении за вычетом параллакса Солнца. Если эта широта будет больше полусуммы диаметров Солнца и Луны, то Солнце не подвергнется затмению, если меньше, то подвергнется. Отсюда ясно, что если Луна в момент истинного соединения не имеет никакого параллакса по долготе, то видимое и истинное соединения будут одним и тем же. Это бывает около девятидесятого градуса зодиака, взятого к востоку или западу.

Глава XXXI

О том, какова будет величина затмения Солнца или Луны

Установив, что затмение Луны или Солнца действительно будет, мы легко определим величину затмения; для Солнца это определяется по видимой широте между Солнцем и Луной во время видимого соединения. Если мы вычтем ее из полусуммы диаметров Солнца и Луны, то в остатке получится, на сколько затмится Солнце по диаметру; если мы умножим это на 12 и полученное произведение разделим на диаметр Солнца, то найдем число дюймов, на которые затмевается Солнце. Если широта между Солн- 76
цем и Луной равна нулю, то будет или полное затмение Солнца, или такой величины, на сколько Луна может его покрыть.

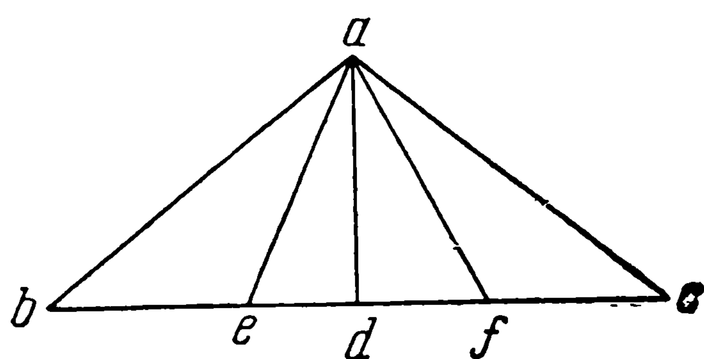
Приблизительно так же определяется и величина лунного затмения, только вместо видимой широты мы пользуемся простой. После отнятия ее от половины диаметров Луны и тени получается затмившаяся часть Луны, если только широта Луны не будет на диаметр Луны меньше полусуммы диаметров. Тогда она затмится целиком и, кроме того, уменьшение широты произведет некоторое увеличение продолжительности затмения; последняя будет наибольшей при широте, равной нулю, что, как я полагаю, совершенно ясно для всех думающих. Итак, если в частичном затмении Луны помножим затмившуюся часть на двенадцать и произведение разделим на диаметр Луны, то получим число затмившихся дюймов, так же как это было сказано относительно Солнца.

Глава XXXII

К предсказанию продолжительности затмения

Остается определить, сколько времени будет длиться затмение. Здесь нужно заметить, что с дугами, содержащимися между Солнцем, Луной и тенью, мы будем обращаться, вследствие их малости, как с прямыми линиями, так как они ничуть не отличаются от прямых.

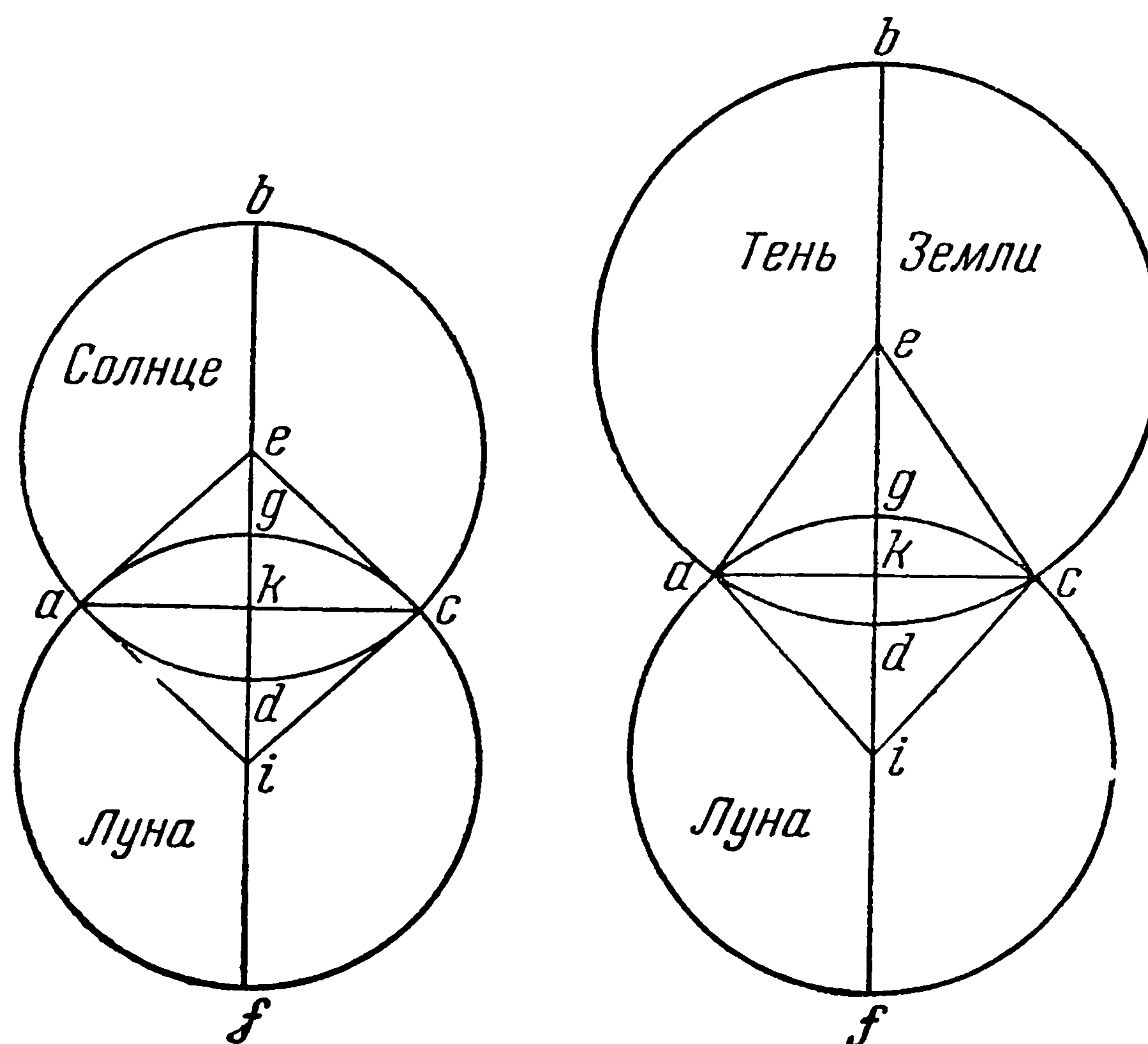
Итак, взяв центр Солнца или тени в точке a и линию bc по орбите Луны, центр которой в ее соприкосновении с Солнцем или тенью будет в b для момента начала, а для момента окончания затмения — в c, проведем соединяющие прямые ab, bc и опустим на bc перпендикуляр ad. Ясно, что середина затмения соответствует нахождению центра Луны в d, ибо ad будет наименьшей из прямых, исходящих из a, и bd равняется dc, поскольку равны ab и ac, каждая из которых складывается из половин диаметров Солнца и Луны в солнечном затмении и Луны и земной тени в лунном.



Наконец, ad представляет видимую, или истинную, широту Луны в середине затмения. Если мы квадрат на ad вычтем из квадрата на ab, то в остатке получится квадрат на bd; следовательно, bd будет данной по длине. Если мы разделим последнюю на истинное часовое движение Луны в лунном или на видимое в солнечном затмении, то получим половину времени продолжительности затмения. Но Луна часто несколько больше задерживается в затмении. Это случается, когда половина суммы диаметра Луны и тени превышает широту Луны на величину, большую ее диаметра (как мы сказали). Тогда, положив, что в e находится центр Луны в начале полного затмения, когда Луна касается изнутри края облегающей ее тени, и в f в момент другого касания, когда она начинает выходить, и проведя соединительные прямые ae, af, мы так же, как и выше, найдем, что ed и df представляют половину времени задержки Луны в затмении. Действительно, ad есть известная широта Луны, а ae или af показывает, на сколько половина диаметра тени будет больше половины диаметра Луны. Следовательно, будет известна de или df; разделив их опять на истинное часовое движение Луны, получим искомую половину времени задержки Луны в затмении.

Здесь нужно, однако, заметить, что Луна, двигаясь по своей орбите, не отсекает на круге зодиака совершенно такие же градусы долготы, какие и на собственной орбите; соответствующие сечения производятся на обоих кругах при помощи окружностей, проходящих через полюсы зодиака. Впрочем, эта разница ничтожна, так как на всем расстоянии

12 градусов от эклиптического сечения, которое представляет приблизительно крайний предел для затмений Солнца и Луны, разность между дугами обеих орбит не превышает двух минут, составляющих 15-ю часть часа. Вследствие этого мы часто пользуемся одной из этих дуг вместо другой, как будто бы они представляли одно и то же. Так же мы берем ту же широту Луны и в конечных точках и в средней фазе затмения, хотя широта Луны всегда или растет, или убывает. Вследствие этого промежутки времени затмения и очищения не будут в точности равны, однако разница



их настолько незначительна, что желающий рассчитывать это подробнее может быть сочтен напрасно тратящим время.

Вот таким образом определяются времена затемнений, их продолжительность и величина, считаемая по диаметру. Но многие полагают, что степень затмения нужно оценивать не по диаметру, а по затемненной поверхности (ибо затмеваются ведь поверхности, а не линии). В таком случае пусть *abcd* представляет круг Солнца или тени с центром в *e*, а лунный круг пусть будет *afcg* с центром *i*; пусть они пересекаются друг с другом в точках *a* и *c*. Через оба центра проведем прямую *beif* и соединительные линии *ae*, *ec*, *ia*, *ic*, а также *akc* под прямым углом к *bf*. При помощи этого мы хотим определить величину затемненной поверхности *adcg*, или сколько унций заключается в затемненной части всей площади Солнца или Луны. 77
Так как согласно предыдущему даны полудиаметры *ae* и *ai* обоих кругов, а также расстояние между центрами или лунная широта *ei*, то мы имеем

треугольник *aei* с данными сторонами, а вследствие этого (на основании доказанного выше) и с данными углами; этому треугольнику равен и подобен треугольник *eic*. Таким образом, дуги *adc* и *agc* будут даны в частях, каких вся окружность круга содержит 360.

Но Архимед Сиракузский в «Измерении круга» показал, что окружность к диаметру имеет меньшее отношение, чем тройное с одной седьмой, но большее, чем тройное с десятью семьдесят первыми. Между этими ве-
78 личинами Птолемей берет среднюю, а именно как три с 8 первыми шестидесятыми и 30 вторыми относятся к единице. При помощи этого отношения можно выразить дуги *agc* и *adc* в таких же частях, как и их диаметры *ae* и *ai*. Так же определяются и произведения *ea* на *ad* и *ia* на *ag*, равные соответственно секторам *aec* и *aic*. Но в равнобедренных треугольниках *aec* и *aic* даны общее основание *akc* и перпендикуляры *ek*, *ki*. Поэтому будет дан и прямоугольник на *ak*, *ke*, то есть площадь треугольника *aec*, а равным образом и прямоугольник на *ak*, *ki* — площадь треугольника *aci*. Если мы отнимем каждый из этих треугольников от соответствующих секторов, то останутся круговые сегменты *afc* и *acb*, из которых составляется вся искомая площадь *adgc*. Так же будет известна и вся площадь круга, равная для затмения Солнца прямоугольнику на *fi* и *fag* или для лунного — прямоугольнику на *be* и *bad*. Следовательно, будет известно, сколько унций от всего круга Солнца или Луны составит затемненная часть *adcg*.

Этого будет достаточно относительно Луны, о которой у других изложено более подробно,. Теперь мы спешим перейти к обращениям пяти остальных светил, о которых говорится в следующих книгах.

КНИГА ПЯТАЯ 1

По мере наших сил мы до сих пор рассматривали вращения Земли вокруг Солнца и Луны вокруг Земли. Сейчас мы займемся движениями пяти планет. Предположение подвижности Земли позволяет удивительно согласовать и привести в точную соразмерность порядок и величины их орбит, как мы кратко описали в первой книге, указав, что орбиты этих планет имеют своим центром не Землю, а скорее Солнце. Теперь нам остается показать это для каждой планеты отдельно и более полно и, в частности, выполняя обещанное, насколько возможно, объединить данные наблюдений, переданных нам от древних и произведенных в настоящее время,
при помощи чего можно будет более точно определить числовые соразмер- 2
ности этих движений.

В «Тимее» Платона эти пять светил называются каждое сообразно его виду. Сатурн называется Феноном, так сказать, светящим или являющимся (действительно, он меньше, чем остальные, бывает скрытым и после покрытия его Солнцем появляется быстрее), Юпитер — Фаэтоном по его блеску, Марс — Пироентом по огненному цвету, Венера в зависимости от того, сияет ли она утром или вечером, называется φωσφόρος или ἕσπερος, то есть по латыни Lucifer и Vesperugo, и, наконец, Меркурий называется Стильбоном по мигающему и колеблющемуся свету. По долготе и широ- 3
те все они движутся с бо́льшими неравенствами, чем Луна.

Глава I

Об обращениях и средних движениях планет

У этих светил можно заметить два очень отличающихся друг от друга движения по долготе. Одно из этих движений, как мы сказали, получается вследствие движения Земли, второе для каждой планеты является собственным. Первое мы не без основания решили назвать параллактическим
движением; это то самое движение, которое у всех планет производит стоя- 4
ния, прямые и попятные движения. Они происходят не потому, что планета, движущаяся всегда собственным движением вперед, увлекалась бы так в разные стороны, а потому, что это только так нам кажется в силу производимого движением Земли смещения, зависящего от различия в положении и величине планетных орбит.

Поэтому очевидно, что истинные положения Сатурна, Юпитера и Мар-
5 са мы можем наблюдать тогда и только тогда, когда они являются акроническими, что происходит приблизительно в серединах попятных движений. В это время они находятся на одной прямой со средним положением Солнца, не претерпевая указанного параллактического смещения. Для Венеры и Меркурия дело, однако, обстоит иначе. В это время они скрываются в лучах Солнца и показываются только при своих отклонениях в ту или другую сторону от Солнца; поэтому они никогда не бывают видимы без упомянутого смещения. Таким образом, у каждой планеты имеется свое собственное параллактическое обращение, соответствующее движению
6 Земли относительно планеты: [эти движения они взаимно совершают, и мы можем сказать, что параллактическое движение для Сатурна, Юпитера и Марса представляет не что иное, как то движение, на которое среднее движение Земли обгоняет движение этих планет, или, наоборот, отстает от движения таких планет, как Венера и Меркурий]. Но так как периоды смещений неравны и имеют очевидные различия, то древние сочли, что движения этих планет тоже неравномерны и что у их кругов будут апсиды, в которых их неравенство восстанавливается; при этом они думали, что эти апсиды занимают постоянные места на сфере неподвижных звезд. Это рассуждение открыло путь к изучению их средних движений и постоянных периодов.

Действительно, имея записи положения какого-либо светила с точными расстояниями от Солнца и неподвижной звезды и установив, что через некоторый промежуток времени это светило пришло в то же самое место с таким же расстоянием от Солнца, можно было считать, что планета прошла уже через все неравенства и во всех отношениях вернулась к своему первоначальному положению относительно Земли. Таким образом, в соответствии с протекшим временем они высчитали число полных и средних обращений, а по нему и собственные движения светила.

Эти обращения, выраженные в солнечных годах, приводит Птолемей в том виде, как, по его признанию, он получил от Гиппарха. Под солнечными годами он подразумевает те, которые отсчитываются от равноденствия или солнцестояния. Но уже было выяснено, что эти годы не вполне одинаковы; поэтому мы будем пользоваться теми, которые отсчитываются от неподвижных звезд. При помощи таких годов мы, как показано ниже, установили более точные движения всех пяти светил, ибо в наше время было найдено, что некоторые из них оказываются меньше, а другие больше переданных.

7 По отношению к Сатурну Земля в названном нами параллактическом движении обращается пятьдесят семь раз в течение наших 59 солнечных лет одного дня и 6 первых и приблизительно 48 вторых шестидесятых дня. В это время в собственном движении светило делает два оборота с добавлением одного градуса 6 минут 6 секунд. Юпитер опережается Землей шесть-

десят пять раз в течение 71 солнечного года без 5 дней 45 первых и 27 вторых шестидесятых дня, в течение которых светило в собственном движении делает шесть обращений с недостатком 5 градусов 41 минута $2^{1}/_{2}$ секунды. В течение 79 солнечных лет двух дней 27 первых и 3 вторых шестидесятых дня насчитывается 37 параллактических обращений Марса. За это время светило в собственном движении к 42 полным периодам добавляет 2 градуса 24 минуты 56 секунд. Венера пятнадцать раз опережает движение Земли в 8 солнечных лет без 2 дней 26 первых и 46 вторых шестидесятых дня. За это время она обходит Солнце тринадцать раз без двух градусов 24 минут 4 0 секунд. Затем Меркурий совершает 145 параллактических обращений в 46 солнечных лет с прибавлением 34 первых и 23 вторых шестидесятых дня, в течение которых он опережает движение Земли, вместе с которой делает вокруг Солнца сто девяносто один оборот с прибавлением 34 первых и приблизительно 23 вторых шестидесятых дня.

Таким образом, у каждой планеты будут следующие периоды параллактических обращений: у Сатурна 378 дней пять первых, 32 вторых, 11 третьих шестидесятых дня; у Юпитера 398 дней 23 первых, 2 вторых, 56 третьих шестидесятых; у Марса 779 дней 56 первых, 19 вторых, 7 третьих шестидесятых; у Венеры 583 дня 55 первых, 17 вторых, 24 третьих шестидесятых; у Меркурия 115 дней 52 первых, 42 вторых, 12 третьих шестидесятых. Если мы обратим все это в круговые градусы, умножим на 365 и разделим на соответствующее число дней и их шестидесятых долей, то получим годовое движение Сатурна 347 градусов 32 минуты 2 секунды 54 терции 12 кварт; Юпитера — 329 градусов 25 минут 8 секунд 15 терций 6 кварт; Марса —168; 28, 29, 13, 12 градусов; Венеры —225; 1, 48, 54, 30 градусов; Меркурия —три полных обращения и 53; 56, 46, 54, 40 градуса. Одна трехсот шестьдесят пятая часть этих величин дает дневное движение: Сатурна 0; 57, 7, 44, Юпитера 0; 54, 9, 3, 49, Марса 0; 27, 41, 40, 8, Венеры 0; 36, 49, 28, 35, Меркурия —3; 6, 24, 7, 43 градуса, как показано в следующих таблицах (наподобие средних движений Солнца и Луны).

Что касается собственных движений этих планет, то мы сочли излишним удлинять таблицы приводя их. Действительно, они получатся в результате вычитания указанных движений из среднего движения Солнца, составной частью которого они (как мы сказали) являются. Если кто-нибудь этим не удовлетворится, то он может, если угодно, сделать и это.

Итак, годичное собственное движение Сатурна по отношению к сфере не- 8
подвижных звезд составляет 12; 12, 46, 12, 52 градусов, Юпитера —30; 19, 40, 51, 58 градусов, Марса —191; 16, 19, 53, 52 градуса. Что касается Венеры и Меркурия, то, поскольку эти движения нами не наблюдаются, их для нас заменяет само движение Солнца; оно позволяет определить и
указать видимые их положения, как видно из дальнейшего. 9

Параллактическое движение Сатурна в годах и шестидесятках лет

Египетские года	Движение					Египетские года	Движение				
	шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*		*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	5	47	32	3	9	31	5	33	33	37	59
2	5	35	4	6	19	32	5	21	5	41	9
3	5	22	36	9	29	33	5	8	37	44	19
4	5	10	8	12	38	34	4	56	9	47	28
5	4	57	40	15	48	35	4	43	41	50	38
6	4	45	12	18	58	36	4	31	13	53	48
7	4	32	44	22	7	37	4	18	45	56	57
8	4	20	16	25	17	38	4	6	18	0	7
9	4	7	48	28	27	39	3	53	50	3	17
10	3	55	20	31	36	40	3	41	22	6	26
11	3	42	52	34	46	41	3	28	54	9	36
12	3	30	24	37	56	42	3	16	26	12	46
13	3	17	56	41	5	43	3	3	58	15	55
14	3	5	28	44	15	44	2	51	30	19	5
15	2	53	0	47	25	45	2	39	2	22	15
16	2	40	32	50	34	46	2	26	34	25	24
17	2	28	4	53	44	47	2	14	6	28	34
18	2	15	36	56	54	48	2	1	38	31	44
19	2	3	9	0	3	49	1	49	10	34	53
20	1	50	41	3	13	50	1	36	42	38	3
21	1	38	13	6	23	51	1	24	14	41	13
22	1	25	45	9	32	52	1	11	46	44	22
23	1	13	17	12	42	53	0	59	18	47	32
24	1	0	49	15	52	54	0	46	50	50	42
25	0	48	21	19	1	55	0	34	22	53	51
26	0	35	53	22	11	56	0	21	54	57	1
27	0	23	25	25	21	57	0	9	27	0	11
28	0	10	57	28	30	58	5	56	59	3	20
29	5	58	29	31	40	59	5	44	31	6	30
30	5	46	1	34	50	60	5	32	3	9	40

Эпоха христианской эры. 3,25°; 49′

» эры Александра: 2,28°; 1′

Параллактическое движение Сатурна в днях, шестидесятках и шестидесятых долях

Дни	Движение					Дни	Движение				
	шести-десятки	град	мин	сек	терц		шести-десятки	град	мин	сек	терц
1	0	0	57	7	44	31	0	29	30	59	46
2	0	1	54	15	28	32	0	30	28	7	30
3	0	2	51	23	12	33	0	31	25	15	14
4	0	3	48	30	56	34	0	32	22	22	58
5	0	4	45	38	40	35	0	33	19	30	42
6	0	5	42	46	24	36	0	34	16	38	26
7	0	6	39	54	8	37	0	35	13	46	1
8	0	7	37	1	52	38	0	36	10	53	55
9	0	8	34	9	36	39	0	37	8	1	39
10	0	9	31	17	20	40	0	38	5	9	23
11	0	10	28	25	4	41	0	39	2	17	7
12	0	11	25	32	49	42	0	39	59	24	51
13	0	12	22	40	33	43	0	40	56	32	35
14	0	13	19	48	17	44	0	41	53	40	19
15	0	14	16	56	1	45	0	42	50	48	3
16	0	15	14	3	45	46	0	43	47	55	47
17	0	16	11	11	29	47	0	44	45	3	31
18	0	17	8	19	13	48	0	45	42	11	16
19	0	18	5	26	57	49	0	46	39	19	0
20	0	19	2	34	41	50	0	47	36	26	44
21	0	19	59	42	25	51	0	48	33	34	28
22	0	20	56	50	9	52	0	49	30	42	12
23	0	21	53	57	53	53	0	50	27	49	56
24	0	22	51	5	38	54	0	51	24	57	40
25	0	23	48	13	22	55	0	52	22	5	24
26	0	24	45	21	6	56	0	53	19	13	8
27	0	25	42	28	50	57	0	54	16	20	52
28	0	26	39	36	34	58	0	55	13	28	36
29	0	27	36	44	18	59	0	56	10	36	20
30	0	28	33	52	2	60	0	57	7	44	5

Параллактическое движение Юпитера в годах и шестидесятках лет

Египетские года	Движение					Египетские года	Движение				
	шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*		*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	5	29	25	8	15	31	2	11	59	15	48
2	4	58	50	16	30	32	1	41	24	24	3
3	4	28	15	24	45	33	1	10	49	32	18
4	3	57	40	33	0	34	0	40	14	40	33
5	3	27	5	41	15	35	0	9	39	48	48
6	2	56	30	49	30	36	5	39	4	57	3
7	2	25	55	57	45	37	5	8	30	5	18
8	1	55	21	6	0	38	4	37	55	13	33
9	1	24	46	14	15	39	4	7	20	21	48
10	0	54	11	22	31	40	3	36	45	30	4
11	0	23	36	30	46	41	3	6	10	38	19
12	5	53	1	39	1	42	2	35	35	46	34
13	5	22	26	47	16	43	2	5	0	54	49
14	4	51	51	55	31	44	1	34	26	3	4
15	4	21	17	3	46	45	1	3	51	11	19
16	3	50	42	12	1	46	0	33	16	19	34
17	3	20	7	20	16	47	0	2	41	27	49
18	2	49	32	28	31	48	5	32	6	36	4
19	2	18	57	36	46	49	5	1	31	44	19
20	1	48	22	45	2	50	4	30	56	52	34
21	1	17	47	53	17	51	4	0	22	0	50
22	0	47	13	1	32	52	3	29	47	9	5
23	0	16	38	9	47	53	2	59	12	17	20
24	5	46	3	18	2	54	2	28	37	25	35
25	5	15	28	26	17	55	1	58	2	33	50
26	4	44	53	34	32*	56	1	27	27	42	5
27	4	14	18	42	47	57	0	56	52	50	20
28	3	43	43	51	2	58	0	26	17	58	35
29	3	13	8	59	17	59	5	55	43	6	50
30	2	42	34	7	33	60	5	25	8	15	6

Эпоха христианской эры: 1,38°; 16′
» эры Александра: 2,28°; 10′

* Торнское издание «23».

Параллактическое движение Юпитера в днях, шестидесятках и шестидесятых долях

Дни	Движение					Дни	Движение				
	шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*		*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	0	0	54	9	3	31	0	27	58	40	58
2	0	1	48	18	7	32	0	28	52	50	2
3	0	2	42	27	11	33	0	29	46	59	5
4	0	3	36	36	15	34	0	30	41	8	9
5	0	4	30	45	19	35	0	31	35	17	13
6	0	5	24	54	22	36	0	32	29	26	17
7	0	6	19	3	26	37	0	33	23	35	21
8	0	7	13	12	30	38	0	34	17	44	25
9	0	8	7	21	34	39	0	35	11	53	29
10	0	9	1	30	38	40	0	36	6	2	32
11	0	9	55	39	41	41	0	37	0	11	36
12	0	10	49	48	45	42	0	37	54	20	40
13	0	11	43	57	49	43	0	38	48	29	44
14	0	12	38	6	53	44	0	39	42	38	47
15	0	13	32	15	57	45	0	40	36	47	51
16	0	14	26	25	1	46	0	41	30	56	55
17	0	15	20	34	4	47	0	42	25	5	59
18	0	16	14	43	8	48	0	43	19	15	3
19	0	17	8	52	12	49	0	44	13	24	6
20	0	18	3	1	16	50	0	45	7	33	10
21	0	18	57	10	20	51	0	46	1	42	14
22	0	19	51	19	23	52	0	46	55	51	18
23	0	20	45	28	27	53	0	47	50	0	22
24	0	21	39	37	31	54	0	48	44	9	26
25	0	22	33	46	35	55	0	49	38	18	29
26	0	23	27	55	39	56	0	50	32	27	33
27	0	24	22	4	43	57	0	51	26	36	37
28	0	25	16	13	46	58	0	52	20	45	41
29	0	26	10	22	50	59	0	53	14	54	45
30	0	27	4	31	54	60	0	54	9	3	49

Параллактическое движение Марса в годах и шестидесятках лет

Египетские года	Движение					Египетские года	Движение				
	шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*		*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	2	48	28	30	36	31	3	2	43	48	38
2	5	36	57	1	12	32	5	51	12	19	14
3	2	25	25	31	48	33	2	39	40	49	50
4	5	13	54	2	24	34	5	28	9	20	26
5	2	2	22	33	0	35	2	16	37	51	2
6	4	50	51	3	36	36	5	5	6	21	38
7	1	39	19	34	12	37	1	53	34	52	14
8	4	27	48	4	48	38	4	42	3	22	50
9	1	16	16	35	24	39	1	30	31	53	26
10	4	4	45	6	0	40	4	19	0	24	2
11	0	53	13	36	36	41	1	7	28	54	38
12	3	41	42	7	12	42	3	55	57	25	14
13	0	30	10	37	48	43	0	44	25	55	50
14	3	18	39	8	24	44	3	32	54	26	26
15	0	7	7	39	1	45	0	21	22	57	3
16	2	55	36	9	37	46	3	9	51	27	39
17	5	44	4	40	13	47	5	58	19	58	15
18	2	32	33	10	49	48	2	46	48	28	51
19	5	21	1	41	25	49	5	35	16	59	27
20	2	9	30	12	1	50	2	23	45	30	3
21	4	57	58	42	37	51	5	12	14	0	39
22	1	46	27	13	13	52	2	0	42	31	15
23	4	34	55	43	49	53	4	49	11	1	51
24	1	23	24	14	25	54	1	37	39	32	27
25	4	11	52	45	1	55	4	26	8	3	3
26	1	0	21	15	37	56	1	14	36	33	39
27	3	48	49	46	13	57	4	3	5	4	15
28	0	37	18	16	49	58	0	51	33	34	51
29	3	25	46	47	25	59	3	40	2	5	27
30	0	14	15	18	2	60	0	28	30	36	4

Эпоха христианской эры: 3,58°; 22′
» эры Александра: 2,0°; 39′

Параллактическое движение Марса в днях, шестидесятках и шестидесятых долях

Дни	Движение: шестидесятки	град	мин	сек	терц	Дни	Движение: шестидесятки	град	мин	сек	терц
1	0	0	27	41	40	31	0	14	18	31	51
2	0	0	55	23	20	32	0	14	46	13	31
3	0	1	23	5	1	33	0	15	14	55	12
4	0	1	50	46	41	34	0	15	41	36	52
5	0	2	18	28	21	35	0	16	9	18	32
6	0	2	46	10	2	36	0	16	37	0	13
7	0	3	13	51	42	37	0	17	4	41	53
8	0	3	41	33	22	38	0	17	32	23	33
9	0	4	9	15	3	39	0	18	0	5	14
10	0	4	36	56	43	40	0	18	27	46	54
11	0	5	4	38	24	41	0	18	55	28	35
12	0	5	32	20	4	42	0	19	23	10	15
13	0	6	0	1	44	43	0	19	50	51	55
14	0	6	27	43	25	44	0	20	18	33	36
15	0	6	55	25	5	45	0	20	46	15	16
16	0	7	23	6	45	46	0	21	13	56	56
17	0	7	50	48	26	47	0	21	41	38	37
18	0	8	18	30	6	48	0	22	9	20	17
19	0	8	46	11	47	49	0	22	37	1	57
20	0	9	13	53	27	50	0	23	4	43	38
21	0	9	41	35	7	51	0	23	32	25	18
22	0	10	9	16	48	52	0	24	0	6	59
23	0	10	36	58	28	53	0	24	27	48	39
24	0	11	4	40	8	54	0	24	55	30	19
25	0	11	32	21	49	55	0	25	23	12	0
26	0	12	0	3	29	56	0	25	50	53	40
27	0	12	27	45	9	57	0	26	18	35	20
28	0	12	55	26	49	58	0	26	46	17	1
29	0	13	23	8	30	59	0	27	13	58	41
30	0	13	50	50	11	60	0	27	41	40	22

Параллактическое движение Венеры в годах и шестидесятках лет

Египетские года	Движение					Рукопись			Египетские года	Движение					Рукопись		
	шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*	*мин*	*сек*	*терц*		*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*	*мин*	*сек*	*терц*
1	3	45	1	45	3	1	50	11	31	2	15	54	16	53	56	55	48
2	1	30	3	30	7	3	40	22	32	0	0	56	1	57	58	46	0
3	5	15	5	15	11	5	30	33	33	3	45	57	47	1	0	36	11
4	3	0	7	0	14	7	20	45	34	1	30	59	32	4	2	26	22
5	0	45	8	45	18	9	10	56	35	5	16	1	17	8	4	16	33
6	4	30	10	30	22	11	1	7	36	3	1	3	2	12	6	6	45
7	2	15	12	15	25	12	51	18	37	0	46	4	47	15	7	56	56
8	0	0	14	0	29	14	41	30	38	4	31	6	32	19	9	47	7
9	3	45	15	45	33	16	31	41	39	2	16	8	17	23	11	37	18
10	1	30	17	30	36	18	21	52	40	0	1	10	2	26	13	27	30
11	5	15	19	15	40	20	12	3	41	3	46	11	47	30	15	17	41
12	3	0	21	0	44	22	2	15	42	1	31	13	32	34	17	7	52
13	0	45	22	45	47	23	52	26	43	5	16	15	17	37	18	58	3
14	4	30	24	30	51	25	42	37	44	3	1	17	2	41	20	48	15
15	2	15	26	15	55	27	32	48	45	0	46	18	47	45	22	38	26
16	0	0	28	0	58	29	23	0	46	4	31	20	32	48	24	28	37
17	3	45	29	46	2	31	13	11	47	2	16	22	17	52	26	18	48
18	1	30	31	31	6	33	3	22	48	0	1	24	2	56	28	9	0
19	5	15	33	16	9	34	53	33	49	3	46	25	47	59	29	59	11
20	3	0	35	1	13	36	43	45	50	1	31	27	33	3	31	49	22
21	0	45	36	46	17	38	33	56	51	5	16	29	18	7	33	39	33
22	4	30	38	31	20	40	24	7	52	3	1	31	3	10	35	29	45
23	2	15	40	16	24	42	14	18	53	0	46	32	48	14	37	19	56
24	0	0	42	1	28	44	4	30	54	4	31	34	33	18	39	10	7
25	3	45	43	46	31	45	54	41	55	2	16	36	18	21	41	0	18
26	1	30	45	31	35	47	44	52	56	0	1	38	3	25	42	50	30
27	5	15	47	16	39	49	35	3	57	3	46	39	48	29	44	40	41
28	3	0	49	1	42	51	25	15	58	1	31	41	33	32	46	30	52
29	0	45	50	46	46	53	15	26	59	5	16	43	18	36	48	21	3
30	4	30	52	31	50	55	5	37	60	3	1	45	3	40	50	11	15

Эпоха христианской эры: 2,6°; 45′
» эры Александра: 1,21°; 52′

Параллактическое движение Венеры в днях, шестидесятках и шестидесятых долях

Дни	Движение					Рукопись		Дни	Движение					Рукопись	
	шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*	*мин*	*сек*		*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*	*мин*	*сек*
1	0	0	36	59	28	59	28	31	0	19	6	43	46	43	52
2	0	1	13	58	57	58	57	32	0	19	43	43	14	43	21
3	0	1	50	58	25	58	26	33	0	20	20	42	43	42	50
4	0	2	27	57	54	57	55	34	0	20	57	42	11	42	19
5	0	3	4	57	22	57	24	35	0	21	34	41	40	41	48
6	0	3	41	56	51	56	52	36	0	22	11	41	9	41	16
7	0	4	18	56	20	56	21	37	0	22	48	40	37	40	45
8	0	4	55	55	48	55	50	38	0	23	25	40	6	40	14
9	0	5	32	55	17	55	19	39	0	24	2	39	34	39	43
10	0	6	9	54	45	54	48	40	0	24	39	39	3	39	12
11	0	6	46	54	14	54	16	41	0	25	16	38	31	38	40
12	0	7	23	53	43	53	45	42	0	25	53	38	0	38	9
13	0	8	0	53	11	53	14	43	0	26	30	37	29	37	38
14	0	8	37	52	40	52	43	44	0	27	7	36	57	37	7
15	0	9	14	52	8	52	12	45	0	27	44	36	26	36	36
16	0	9	51	51	37	51	40	46	0	28	21	35	54	36	4
17	0	10	28	51	5	51	9	47	0	28	58	35	23	35	33
18	0	11	5	50	34	50	38	48	0	29	35	34	52	35	2
19	0	11	42	50	2	50	7	49	0	30	12	34	20	34	31
20	0	12	19	49	31	49	36	50	0	30	49	33	49	34	0
21	0	12	56	48	59	49	4	51	0	31	26	33	17	33	28
22	0	13	33	48	28	48	33	52	0	32	3	32	46	32	57
23	0	14	10	47	57	48	2	53	0	32	40	32	14	32	26
24	0	14	47	47	26	47	31	54	0	33	17	31	43	31	55
25	0	15	24	46	54	47	0	55	0	33	54	31	12	31	24
26	0	16	1	46	23	46	28	56	0	34	31	30	40	30	52
27	0	16	38	45	51	45	57	57	0	35	8	30	9	30	21
28	0	17	15	45	20	45	26	58	0	35	45	29	37	29	50
29	0	17	52	44	48	44	55	59	0	36	22	29	6	29	19
30	0	18	29	44	17	44	24	60	0	36	59	28	35	28	48

Параллактическое движение Меркурия в годах и шестидесятках лет

Египетские года	Движение					Египетские года	Движение				
	шестидесятки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*		*шестидесятки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	0	53	57	23	6	31	3	52	38	56	21
2	1	47	54	46	13	32	4	46	36	19	28
3	2	41	52	9	19	33	5	40	33	42	34
4	3	35	49	32	26	34	0	34	31	5	41
5	4	29	46	55	32	35	1	28	28	28	47
6	5	23	44	18	39	36	2	22	25	51	54
7	0	17	41	41	45	37	3	16	23	15	0
8	1	11	39	4	52	38	4	10	20	38	7
9	2	5	36	27	58	39	5	4	18	1	13
10	2	59	33	51	5	40	5	58	15	24	20
11	3	53	31	14	11	41	0	52	12	47	26
12	4	47	28	37	18	42	1	46	10	10	33
13	5	41	26	0	24	43	2	40	7	33	39
14	0	35	23	23	31	44	3	34	4	56	46
15	1	29	20	46	37	45	4	28	2	19	52
16	2	23	18	9	44	46	5	21	59	42	59
17	3	17	15	32	50	47	0	15	57	6	5
18	4	11	12	55	57	48	1	9	54	29	12
19	5	5	10	19	3	49	2	3	51	52	18
20	5	59	7	42	10	50	2	57	49	15	25
21	0	53	5	5	16	51	3	51	46	38	31
22	1	47	2	28	23	52	4	45	44	1	38
23	2	40	59	51	29	53	5	39	41	24	44
24	3	34	57	14	36	54	0	33	38	47	51
25	4	28	54	37	42	55	1	27	36	10	57
26	5	22	52	0	49	56	2	21	33	34	4
27	0	16	49	23	55	57	3	15	30	57	10
28	1	10	46	47	2	58	4	9	28	20	17
29	2	4	44	10	8	59	5	3	25	43	23
30	2	58	41	33	15	60	5	57	23	6	30

Эпоха христианской эры: 0,46°; 24′
» эры Александра: 3,33°; 3′

Параллактическое движение Меркурия в днях, шестидесятках и шестидесятых долях

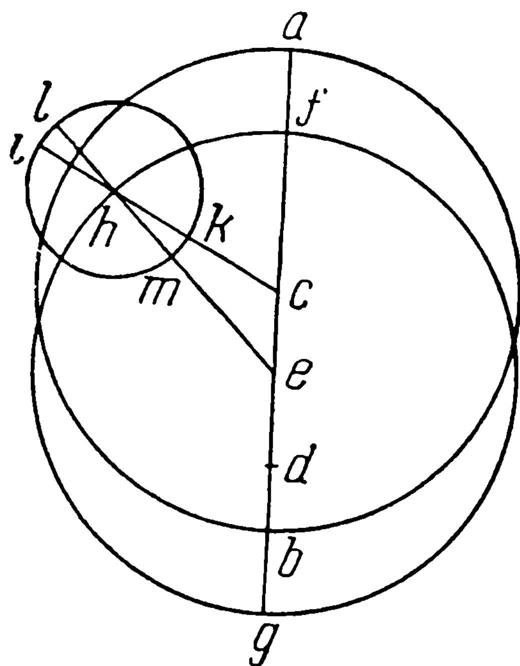
Дни	Движение					Дни	Движение				
	шести-десят-ки	*град*	*мин*	*сек*	*терц*		*шести-десят-ки*	*град*	*мин*	*сек*	*терц*
1	0	3	6	24	13	31	1	36	18	31	3
2	0	6	12	48	27	32	1	39	24	55	17
3	0	9	19	12	41	33	1	42	31	19	31
4	0	12	25	36	54	34	1	45	37	43	44
5	0	15	32	1	8	35	1	48	44	7	58
6	0	18	38	25	22	36	1	51	50	32	12
7	0	21	44	49	35	37	1	54	56	56	25
8	0	24	51	13	49	38	1	58	3	20	39
9	0	27	57	38	3	39	2	1	9	44	53
10	0	31	4	2	16	40	2	4	16	9	6
11	0	34	10	26	30	41	2	7	22	33	20
12	0	37	16	50	44	42	2	10	28	57	34
13	0	40	23	14	57	43	2	13	35	21	47
14	0	43	29	39	11	44	2	16	41	46	1
15	0	46	36	3	25	45	2	19	48	10	15
16	0	49	42	27	38	46	2	22	54	34	28
17	0	52	48	51	52	47	2	26	0	58	42
18	0	55	55	16	6	48	2	29	7	22	56
19	0	59	1	40	19	49	2	32	13	47	9
20	1	2	8	4	33	50	2	35	20	11	23
21	1	5	14	28	47	51	2	38	26	35	37
22	1	8	20	53	0	52	2	41	32	59	50
23	1	11	27	17	14	53	2	44	39	24	4
24	1	14	33	41	28	54	2	47	45	48	18
25	1	17	40	5	41	55	2	50	52	12	31
26	1	20	46	29	55	56	2	53	58	36	45
27	1	23	52	54	9	57	2	57	5	0	59
28	1	26	59	18	22	58	3	0	11	25	12
29	1	30	5	42	36	59	3	3	17	49	26
30	1	33	12	6	50	60	3	6	24	13	40

Глава II

Объяснение среднего и видимого движений планет согласно мнению древних

Итак, средние движения планет показаны выше. Переходим теперь к их видимой неравномерности. Древние математики, считавшие Землю неподвижной, взяли для Сатурна, Юпитера, Марса и Венеры эксцентрические круги в соединении с эпициклом и, кроме того, еще один эксцентри-
10 ческий круг, по которому равномерно движутся эпицикл и планета в эпицикле.

Пусть , например, *ab* будет эксцентрический круг с центром *c* и диаметром *acb*, на котором находится центр Земли *d*, так что апогей будет в *a*, перигей — в *b*. Разделим *dc* пополам в *e* и из этого центра опишем другой эксцентрический круг *fg*, равный первому. Взяв на нем какую-нибудь точку *h* в качестве центра, описываем эпицикл *ik* и через центр его проводим прямые линии *ihkc*, а также *lhme*. Подразумевается, что эти эксцентры наклонны к плоскости зодиака, а эпицикл наклонен к плоскости эксцентра (вследствие широт, которые имеет движущаяся планета), но в данном месте для удобства объяснения будем считать, что все они как будто находятся в одной плоскости.



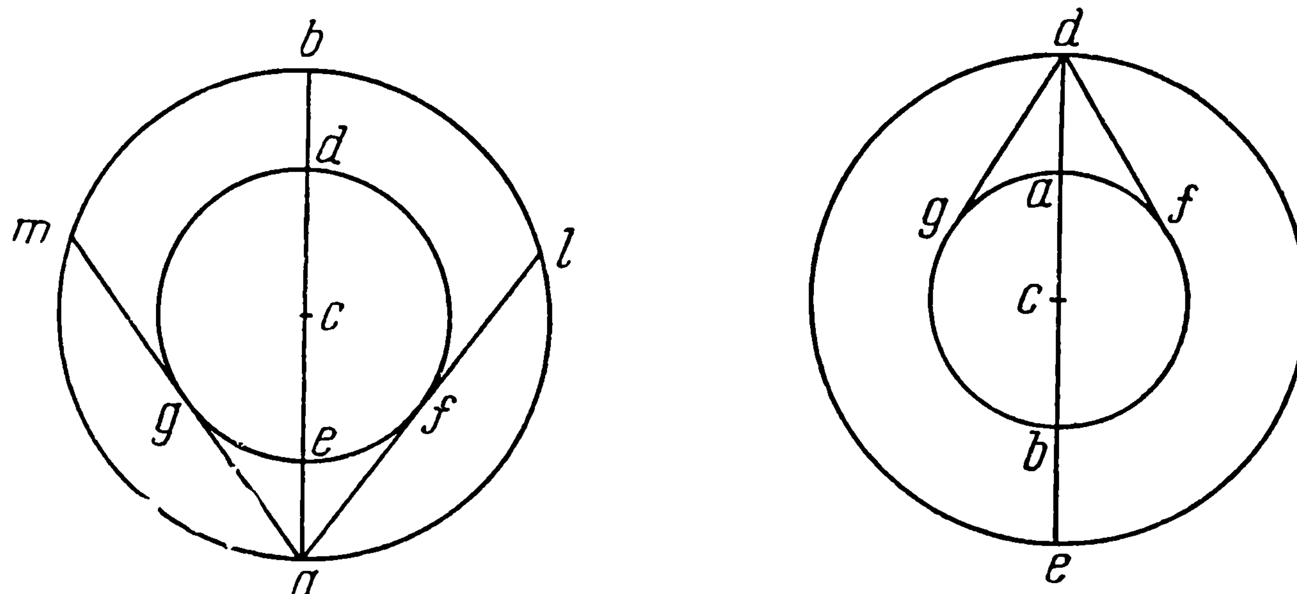
Так вот древние утверждают, что вся эта плоскость вместе с точками *e*, *c* движется вокруг центра *d* зодиака в соответствии с движением неподвижных звезд. Этим они хотят дать понять, что упомянутые точки *a* и *b* занимают определенные положения на сфере неподвижных звезд. Кроме того, эпицикл движется по кругу *fhg* в направлении последовательности знаков зодиака, но только через посредство линии *ihc*, по отношению к которой светило будет равномерно вращаться по эпициклу *ik*.

Известно, однако, что равномерное движение эпицикла должно совершаться по отношению к *e* — центру его деферента, а вращение планеты — по отношению к линии *lme*. Следовательно, они допускают, что и это круговое движение может соблюдать равномерность по отношению к другому,
11 не собственному центру, [о чем вряд ли мог грезить Сципион у Цицерона] и нечто в таком роде и даже больше того происходит с Меркурием. Но (как я полагаю) все это уже достаточно было опровергнуто для Луны. Это и подобные соображения дали нам повод поразмыслить о подвижности Земли и иных способах, которые сохраняли бы принцип равномерности и другие основы науки и давали более надежное определение числового выражения кажущейся неравномерности.

Глава III

Общее объяснение кажущейся неравномерности вследствие движения Земли

Итак, существуют две причины, по которым равномерное движение планеты кажется неравномерным: вследствие движения Земли и вследствие собственного движения. При помощи наглядного доказательства мы разберем каждое из них вообще и в отдельности, чтобы можно было лучше различить и то и другое. Начнем с того, которое является составной частью всех движений — вследствие движения Земли. Сначала рассмотрим это для Венеры и Меркурия, орбиты которых охватываются круговой орбитой Земли.



Пусть *ab* будет эксцентрический по отношению к Солнцу круг, который в годовом обращении описывает центр Земли, как это было изложено выше; пусть его центр будет *c*. Предположим, что планета, кроме этого, как бы не имеет никаких других неравенств, для чего достаточно будет сделать чтобы их, Венеры или Меркурия, орбита *de* была гомоцентричной с *ab*. Вследствие движения по широте она должна иметь к *ab* некоторый наклон. Но для большего удобства доказательства будем их мыслить расположенными в одной плоскости. Примем, что в точке *a* находится Земля, и проведем из нее два луча зрения *afl* и *agm*, касательных к орбите планеты в точках *f* и *g*, а также общий диаметр этих орбит *acb*. Пусть движения обоих тел — Земли и планеты — будут в одну сторону, именно по направлению последовательности знаков зодиака, но только движение планеты будет более быстрым, чем движение Земли. Тогда *c* вместе с самой прямой *acb* покажется нам переносящейся вследствие движения глаза *a*, а само светило, двигаясь по круговой орбите *dfg*, как по эпициклу, будет проходить в направлении последовательности знаков зодиака дугу *fdg* в течение большего времени, чем остающуюся часть *gef* против последовательности. В первом

случае оно придает к среднему движению Солнца весь угол fag, во втором отнимает его.

Итак, там, где вычитающееся движение светила, в особенности около
перигея e, будет больше прибавляющего движения точки c, в соответствии
с побеждающим движением светило будет казаться отступающим от точ-
12 ки a, что действительно у этих светил и происходит. У них отношение ли-
нии ce к ac будет большим, чем отношение движения точки a к движению
13 планеты, согласно доказанному Аполлонием Пергским, как будет пока-
зано позже. Если вычитающееся движение будет равняться увеличиваю-
щемуся, то вследствие их взаимной компенсации мы увидим, что планеты
будут иметь стоянку; все это соответствует наблюдаемым явлениям.

Следовательно, если бы в движении светила не было никаких других неравенств, как полагал Аполлоний, то этого было бы вполне достаточно. Но утренние и вечерние наибольшие отклонения этих светил от среднего положения Солнца, которые определяются углами fae и gae, не оказываются везде равными ни одно другому, ни взятые вместе, ни между собой. Поэтому можно сделать вполне очевидное предположение, что движения этих планет происходит не по гомоцентрическим кругам с орбитой Земли, а по каким-то другим, которые и производят второе неравенство.

То же самое можно показать и по отношению к трем верхним планетам — Сатурну, Юпитеру, и Марсу, орбиты которых охватывают орбиту Земли со всех сторон. Действительно, начертив снова круговую орбиту Земли, возьмем гомоцентрический с ней внешний круг de как бы в одной плоскости. В какой-нибудь точке последнего d возьмем местоположение планеты* и проведем от нее прямые df, dg, касательные в точках f и g к орбите Земли, а также общий диаметр $dacbe$. Ясно, что только из точки a истинное место планеты будет казаться находящимся на линии de среднего положения Солнца, когда планета будет акронихической и ближе всего к Земле. Действительно, когда Земля будет находиться в противоположной точке b, то она и планета будут на одной прямой с Солнцем, и, следовательно, планета не будет видна из-за находящегося в c Солнца. Так как движение Земли быстрее, чем движение планеты, то на апогейной дуге fbg весь угол gdf будет прибавляться к движению светила, а на остающейся gaf отниматься, но в течение меньшего времени, поскольку и дуга gaf будет меньше. И там, где вычитаемое движение Земли будет больше прямого движения планеты, в особенности около a, планета будет казаться отстающей от Земли и движущейся против последовательности знаков зодиака; она покажется остановившейся там, где разность этих противоположных движений будет для зрения ничтожной.

Таким образом, опять становится очевидным, что вследствие одного движения Земли может происходить все то, чего древние пытались достичь

* См. правый рис. на стр. 307. *Прим. ред.*

для каждой планеты при помощи эпициклов. Однако, вопреки мнению Аполлония и древних, движение планеты не оказывается равномерным даже после отнесения этой неравномерности за счет обращения Земли. Следовательно, планеты движутся не по гомоцентрическим кругам, а иным образом, который мы покажем в дальнейшем.

Глава IV

О том, каким образом собственные движения планет могут казаться неравномерными

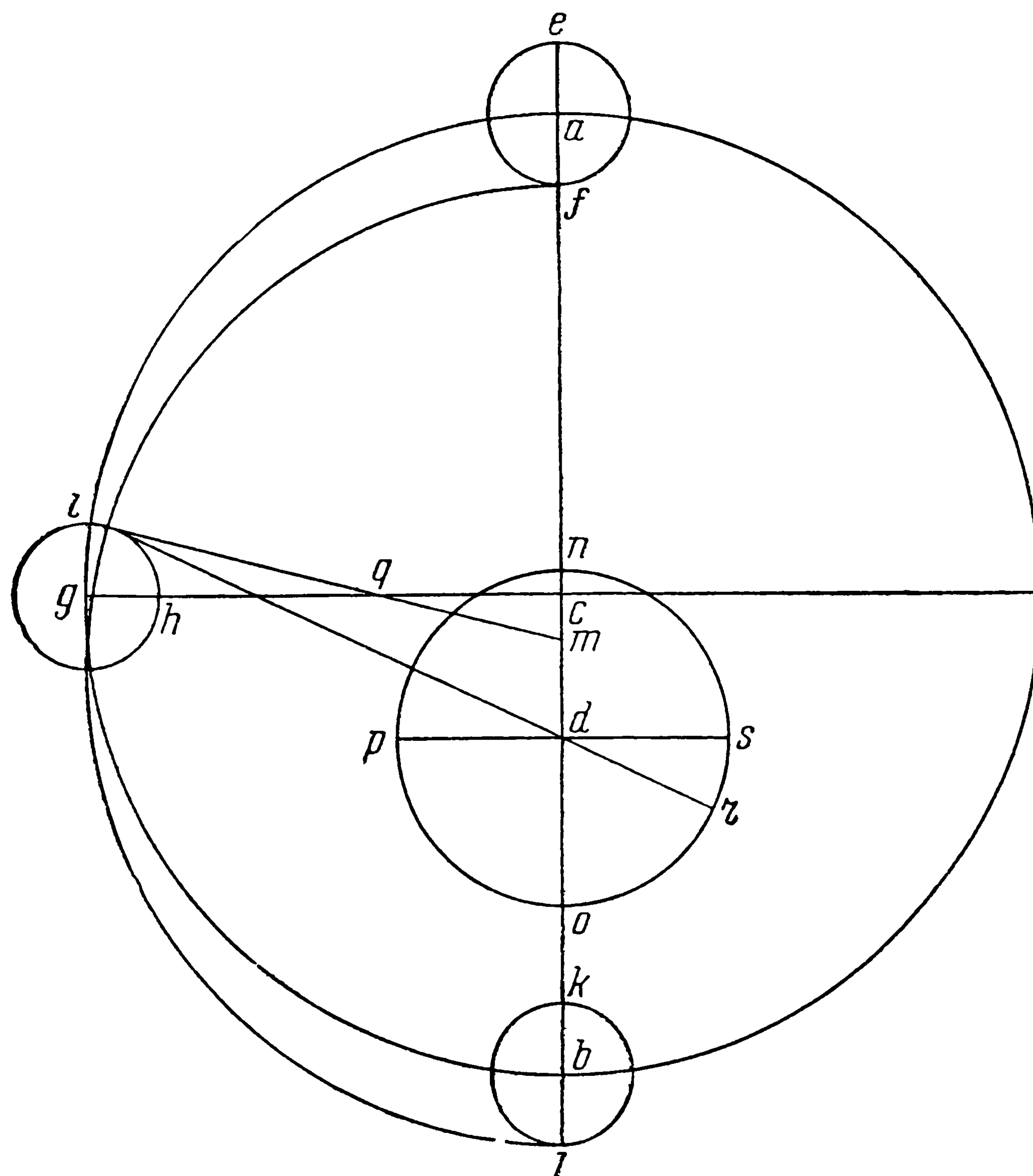
Так как собственные движения планет по долготе совершаются приблизительно одним и тем же образом, за исключением Меркурия, который, по-видимому, отличается от остальных, поэтому мы будем говорить об этих четырех планетах вместе, а Меркурию предоставим особое место. Поскольку древние (как было сказано) представляли одно движение при помощи двух эксцентров, то два движения, из которых складывается видимая неравномерность, мы будем считать равномерными, будет ли это при помощи двух эксцентрических кругов, или двух эпициклов, или даже совместно при помощи эксцентра и эпицикла. Все эти комбинации могут произвести одно и то же неравенство, как мы показали выше по отношению к Солнцу и Луне.

Итак, пусть ab будет эксцентрический круг, c — его центр и acb — диаметр для среднего положения Солнца, проходящий через верхнюю и нижнюю апсиды планеты; пусть на нем в точке d находится центр орбиты Земли. Взяв центр в верхней апсиде a расстоянием, равным третьей части cd, опишем эпицикл ef, в перигее f которого пусть будет находиться планета. Пусть движение эпицикла по эксцентру ab происходит в направлении последовательности знаков зодиака, движение планеты на верхней дуге эпицикла — также в направлении последовательности, а в остальной части — против последовательности знаков, причем движения их обоих, а именно эпицикла и планеты, имеют одинаковые между собой времена обращения.

Вследствие этого произойдет следующее: если при нахождении эпицикла в верхней апсиде эксцентра планета будет находиться с противоположной стороны в перигее эпицикла, то при прохождении каждой из них своей полуокружности их движения будут совершаться в противоположные стороны. В обеих средних квадратурах эпицикл и планета будут находиться соответственно в серединах своих дуг, и только тогда диаметр эпицикла будет параллелен линии ab, в серединах же соответствующих промежутков он будет перпендикулярен к ab, отклоняясь все время в 14

ту или другую сторону. Все это легко можно понять из течения самих движений.

Отсюда можно также доказать, что в этом сложном движении светило не опишет точного круга, как думали древние математики, однако разница будет нечувствительной. Действительно, возьмем снова тот же самый



эпицикл в центре b (пусть он будет kl), затем, отложив четверть ag круга, возьмем в g эпицикл hi. Разделив cd на три части, возьмем одну треть — cm, равную gi, и проведем соединительные линии gc, im, которые пересекутся в q. Так как согласно изложенному дуга ag подобна дуге hi и угол acg прямой, то будет прямым и угол hgi, а вертикальные углы при q тоже равны. Следовательно, треугольники giq и qcm будут с равными углами, они также будут и с соответственно равными сторонами, так как основание gi предполагается равным основанию cm. Далее гипотенуза qi больше gq, также и qm больше qc; значит, и вся iqm будет больше gqc. Но fm, ml, ac, cg равны между собой; следовательно, описанный из центра m через

точки f, l круг, равный поэтому кругу ab, пересечет линию im. Так же докажем это и для второго противоположного квадранта. Следовательно, планета, двигаясь по эпициклу таким же равномерным движением, как и сам эпицикл по эксцентру, не опишет вполне точного круга, а только близкий, что и требовалось доказать.

Опишем теперь из центра d годичную круговую орбиту Земли; пусть она будет no. Продолжим idr и проведем pds параллельно cg; тогда idr будет прямой линией для истинного движения планеты, а gc — для среднего и равномерного. Затем в r будет истинный апогей Земли по отношению к планете, а в s — средний. Следовательно, угол rds или idp будет разностью углов среднего и видимого движений, а именно разностью углов acg и cdi.
Если вместо эксцентра ab возьмем равный ему гомоцентрический круг с 15
центром в d, который будет нести эпицикл с радиусом, равным dc, а на нем
еще другой эпицикл, диаметр которого будет половиной cd, и если пер-
вый эпицикл будет двигаться в направлении последовательности знаков
зодиака, а второй на столько же в противоположную сторону и планета на 16
нем будет удвоенным движением вращаться назад, то произойдет все то же самое, что мы уже сказали, примерно как и относительно Луны. Это же можно получить и при помощи любого из описанных выше способов. Но здесь мы выбираем эксцентр с эпициклом потому, что, как оказывается, точка d, оставаясь всегда между Солнцем и центром c, меняет свое положение, как было сказано относительно видимых движений Солнца. Так как остальные планеты не имеют таких изменений совершенно одинаковыми, для них необходимо получатся некоторые различия, которые, хотя и незначительные, будут, однако, заметными для Марса и Венеры, как будет показано в своем месте.

Эти предположения вполне соответствуют видимым явлениям, как мы сейчас покажем на основании наблюдений, и прежде всего относительно Сатурна, Юпитера и Марса, для которых основным и самым трудным является определение места апогея и расстояния cd. Действительно, все остальное при их помощи получается легко. При этом мы будем пользоваться приблизительно таким же способом, какой мы применяли относительно Луны, а именно при помощи сравнения трех древних солнечных противостояний и такого же числа новых. Эти противостояния греки называют акронихическими сияниями, а мы всенощными. Когда планета, прямо противоположная Солнцу, будет находиться на одной прямой линии со средним положением Солнца, то будет отсутствовать вся неравномерность, которую влечет за собой движение Земли. Конечно, при наблюдениях такие положения определяются при помощи астролябических приборов (как изложено выше). При этом нужно дополнительно вычислять положения Солнца, пока не станет ясно, что планета дошла до прямо ему противоположного положения.

Глава V

Объяснение движения Сатурна

Итак, начнем с Сатурна и возьмем три акронихических его положения,
17 наблюдавшиеся в древности Птолемеем. Первое из них было в одиннадцатый год Адриана в месяце мехир в седьмой его день в первом часу ночи, а по христианскому летоисчислению в 127 году в седьмой день до апрельских календ по прошествии 17 равновеликих часов после полуночи, если перевести расчеты на Краковский меридиан, который, как мы нашли, отстоит от Александрийского на один час. Оказалось, что положение планеты было на 174 градусах и приблизительно 40 минутах по отношению к сфере неподвижных звезд (к которой мы будем относить все это, как к основе для равномерности), так как Солнце в простом своем движении находилось тогда с противоположной стороны на 354 градусах 40 минутах, если взять начальную точку в роге Овна.

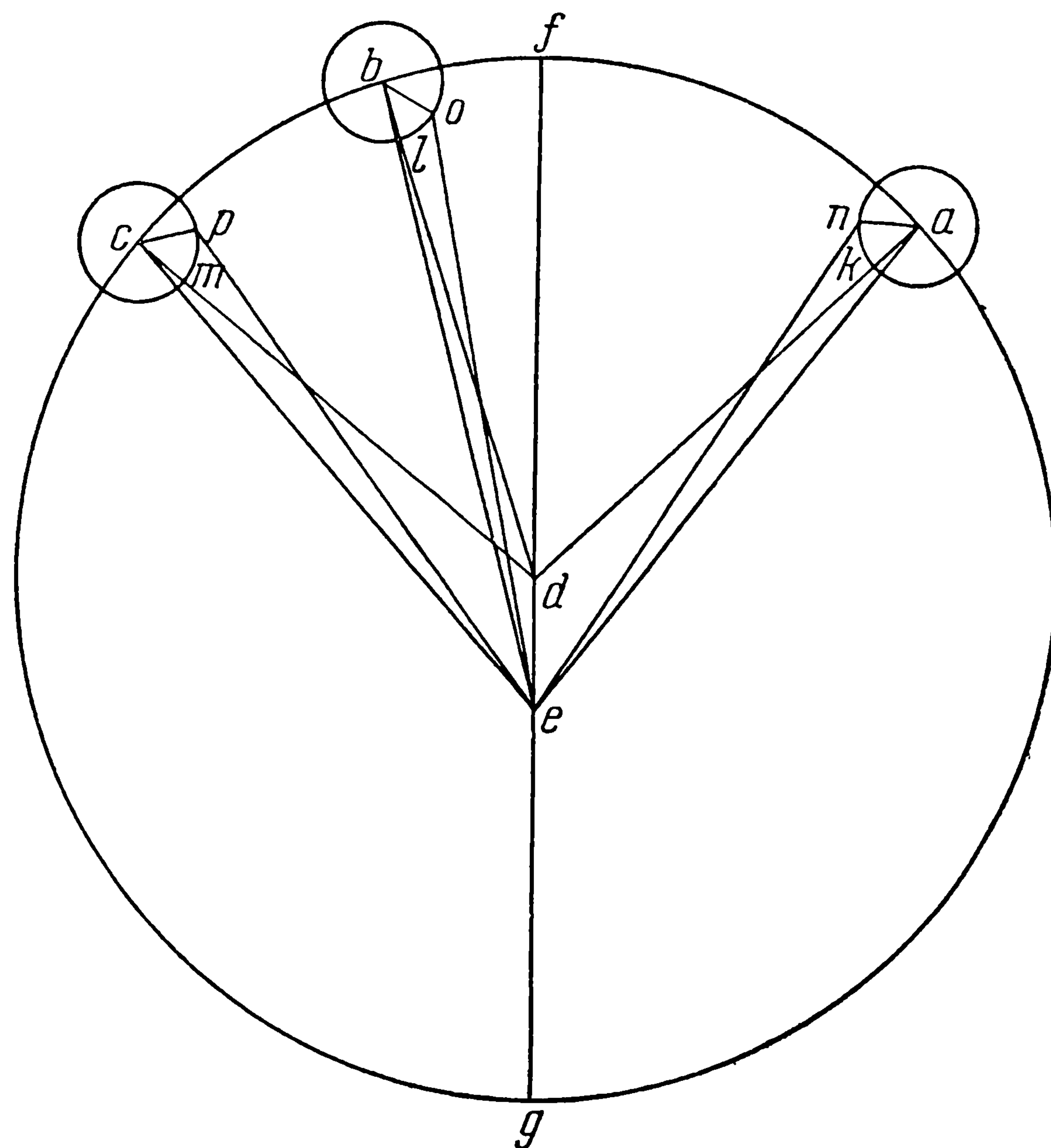
Второе наблюдение было в 17-й год Адриана в месяце эпифи, в 18-й его день по египетскому исчислению, а по христианскому в 133-й год в третий день до июньских нон по римскому исчислению, через одиннадцать равноденственных часов по полуночи. Планета была найдена на 243 градусах 3 минутах, в то время как Солнце в среднем движении было на 63 градусах 3 минутах в 15 часов пополуночи.

Затем третье наблюдение Птолемей привел для двадцатого года того же Адриана в 24-й день египетского месяца месори, что соответствует 136 году христианского летоисчисления, в восьмой день до июльских ид в одиннадцать часов пополуночи точно так же по Краковскому меридиану. Планета была на 277 градусах 37 минутах, в то время как Солнце в среднем движении находилось на 97 градусах 37 минутах.

Итак, в первом промежутке заключается 6 лет 70 дней и 55 шестидесятых, в течение которых видимое движение планеты равнялось 68 градусам 23 минутам, среднее движение Земли относительно планеты, то есть параллактическое, было 352 градуса 44 минуты. Следовательно, недостающие до полной окружности 7 градусов 16 минут прибавляются к среднему движению планеты, которое, таким образом, будет 75 градусов 39 минут. Во втором промежутке заключаются 3 египетских года 35 дней и 50 шестидесятых, видимое движение планеты 34 градуса 34 минуты, параллактическое — 356 градусов 43 минуты. Недостающие 3 градуса 17 минут прибавляются к видимому движению планеты, которое, таким образом, составит в среднем движении 37 градусов 51 минуту.

Подсчитав все это, начертим эксцентрический круг abc планеты с центром в d и диаметром fdg, на котором точка e представит центр великого круга Земли. Пусть a будет центр эпицикла в первом наивысшем ночном положении, b — во втором, c — в третьем. Опишем около этих точек

эпициклы радиусами, равными третьей части расстояния *de*, а сами центры *a*, *b*, *c* соединим с *d* и *e* прямыми линиями, которые пересекут окружность эпицикла в точках *k*, *l*, *m*. Возьмем также дуги *kn*, *lo*, *mp*, подобные соответственно *af*, *bf* и *fbc*, и проведем соединительные прямые *en*, *eo*, *ep*. Таким образом, дуга *ab* согласно расчету равна 75 градусам 39 минутам, *bc* — 37 градусам 51 минуте, угол *neo* видимого движения — 68 градусам 23 минутам, а угол *oep* — 34 градусам 34 минутам.



Прежде всего следует найти положения верхней и нижней апсид, то есть точек *f* и *g*, а также расстояние центров *de*, без которых нельзя отличать видимое движение от среднего. И здесь встречается затруднение, не меньшее чем у Птолемея в этом месте, а именно: если бы данный угол *neo* стягивал данную дугу *ab*, а угол *oep* — дугу *bc*, то для определения искомого путь был бы ясен. Но известная дуга *ab* стягивает неизвестный угол *aeb* и также под известной *bc* скрывается угол *bec*, а оба эти угла должны были быть известными. И угловые разности *aen*, *beo* и *cep* не могут быть определены, если не будут раньше известны дуги *af*, *fb* и *fbc*, подобные тем, которые берутся на эпициклах, и все это настолько между собой связано, что они или одновременно все известны, или же все неизвестны. Следова-

тельно, лишившись средств, потребных для доказательства, нужно a posteriori и обходным путем получить то, для достижения чего закрыт прямой путь a priori [подобно тому как это имеет место для квадратуры круга и
18 многого другого].

Итак, при получении всего этого Птолемей в долгих рассуждениях погрузился в огромное множество вычислений, приводить которые я считаю трудным и излишним, в особенности потому, что и в наших следующих ниже вычислениях мы приблизительно следуем тому же самому методу. Он, наконец, при повторном вычислении нашел, что дуга *af* равна 57 градусам 1 минуте, *fb* —18 градусам 37 минутам, *fbc* — $56^{1}/_{2}$ градуса, что расстояние между центрами составляет 6 целых и 50 шестидесятых частей, если *df* принять за 60; если в нашем исчислении *df* принять за десять тысяч, то таких частей будет 1139. Взяв от них три четверти, получим *de* равной 854 частям, остальную же четверть —285 частей— отдадим эпициклу. При таких предположениях и соответствующих нашей гипотезе изменениях мы покажем, что они соответствуют наблюденным явлениям.

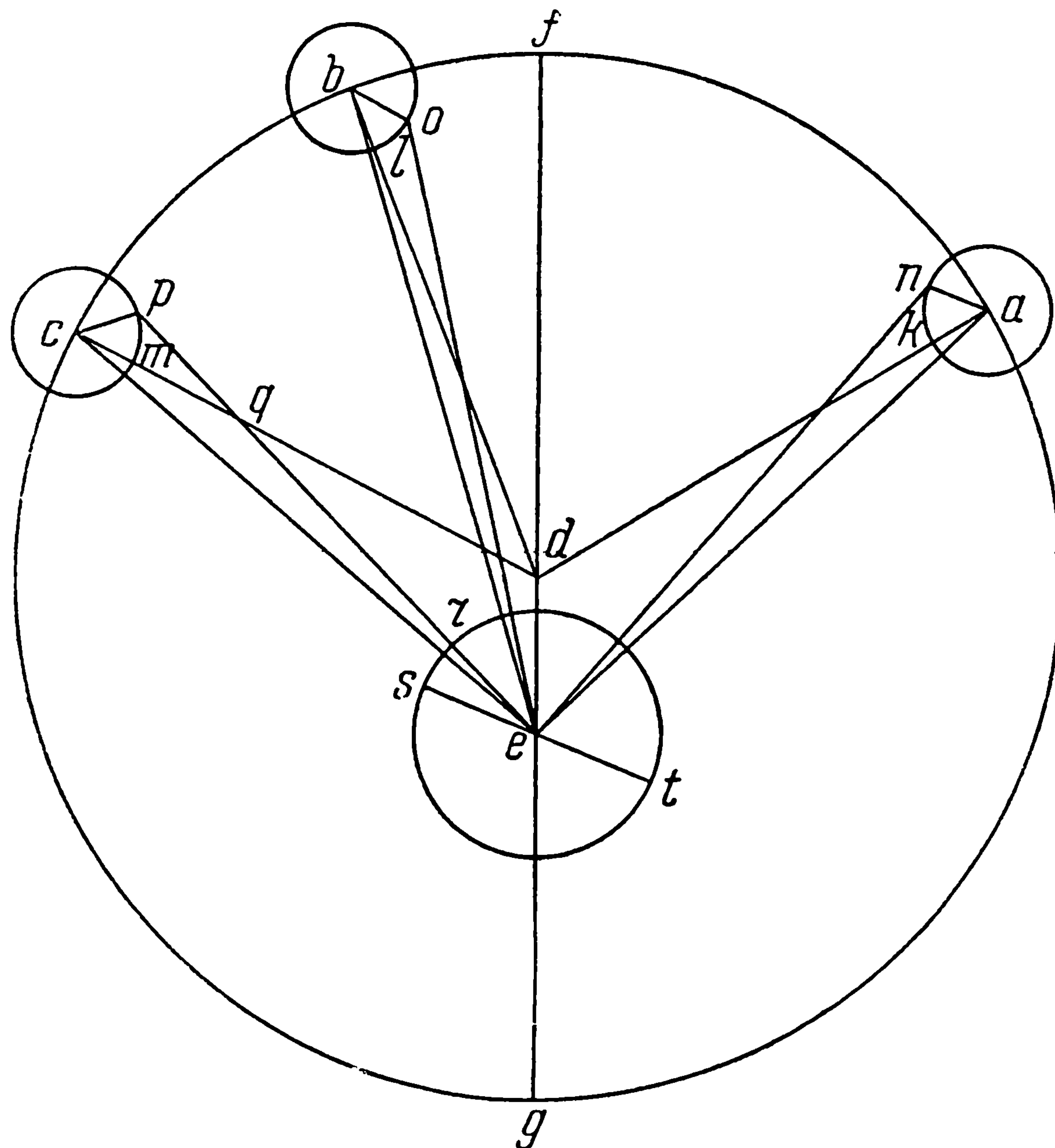
В первом акронихическом положении для треугольника *ade* даются стороны: *ad*, равная 10 000 частей, и *de* —854 таких частей вместе с углом *ade* — дополнением *adf* до полуокружности. Отсюда согласно доказанному относительно прямолинейных треугольников получается, что *ae* равняется 10 489 таким же частям, а остальные углы будут: *dea*—53 градуса 6 минут и *dae* —3 градуса 55 минут, если четыре прямых принять за 360 градусов. Но угол *kan*, равный *adf*, будет тоже 57 градусов 1 минута; следовательно, весь угол *nae* будет 60 градусов 56 минут. Значит, в треугольнике *nae* даны две стороны: *ae* — 10 489 частей и *na* —285 частей, если *ad* принять за десять тысяч, а также угол *nae*. Тогда будут даны и угол *aen*, равный одному градусу 22 минутам, и последний угол *ned* — 51 градус 44 минуты, если четыре прямых составляют 360 градусов.

Подобно этому и во втором акронихическом положении. В треугольнике *bde* дана сторона *de* —854 части, каких в *bd* содержится 10 000, вместе с углом *bde* —дополнением *bdf* —161 градус 22 минуты. Следовательно, в этом треугольнике даны все стороны и углы, а именно сторона *be* —10 812 частей, каких в *bd* было 10 000, угол *dbe* —один градус 27 минут и последний *bed* —17 градусов 11 минут. Но угол *obl*, равный *bdf*, составлял 18 градусов 36 минут; отсюда, весь угол *ebo* будет равняться 20 таким же градусам 5 минутам. Значит, в треугольнике *ebo* даны две стороны: *be* —10 812 частей и *bo* —285 частей — вместе с углом *ebo*. Согласно доказанному относительно плоских треугольников будет дан и остающийся угол *beo*, равный 32 минутам; следовательно, остается угол *oed* в 16 градусов 39 минут.

Также для третьего акронихического положения в треугольнике *cde* даны, как и раньше, две стороны *cd*, *de* и угол *cde* —56 градусов 29 минут. На основании четвертого предложения о плоских треугольниках определится основание *ce* —10 512 частей, каких в *cd* будет 10 000, и угол *dce* —

3 градуса 53 минуты вместе с последним *ced* —52 градуса 36 минут. Следовательно, весь угол *ecp* равен 60 градусам 22 минутам, если четыре прямых составляют 360 градусов.

Точно так же и в треугольнике *ecp* даны две стороны вместе с углом *ecp*; также будет дан угол *cep*, равный одному градусу 22 минутам, откуда последний угол *ped* получается равным 51 градусу 14 минутам. Из них



складываются весь угол *oen* видимого движения, равный 68 градусам 23 минутам, и угол *oep*—34 градуса 35 минут, что согласуется с наблюдением. Положение *f* верхней апсиды эксцентрического круга будет на 226 градусах 20 минутах от головы Овна. Если к ним добавить шесть градусов 40 минут существовавшего тогда предварения весеннего равноденствия, то мы дойдем до 23-го градуса Скорпиона согласно словам Птолемея. Действительно, видимое место планеты в этом третьем акронихическом положении было (как сказано выше) на 277 градусах 37 минутах. Если отнять от них 51 градус 14 минут соответственно углу *pef* видимого движения, как было показано, то в остатке получится положение верхней апсиды эксцентра на 226 градусах 23 минутах.

Теперь также начертим годовую орбиту Земли *rst*, которая пересечет линию *pe* в точке *r*, и проведем диаметр *set* параллельно линии *cd* — сред-

него положения планеты. Тогда, так как углы *sed* и *sdf* равны, угол *ser*
будет разностью и простаферезом между видимым и средним движениями,
19 то есть между углами *cdf* и *ped*; он будет равен 5 градусам 16 минутам.
Такова же будет разность между средним и истинным параллактическим
движениями; по ее отнятии от полуокружности остается дуга *rt*, равная
174 градусам 44 минутам и представляющая среднее параллактическое
движение от взятой в качестве начала точки *t*, то есть от среднего соединения Солнца и планеты, до указанного третьего акронихического положения, или истинного противостояния Земли и планеты. В час этого наблюдения, а именно в двадцатом году царствования Адриана или 136-м христианского летоисчисления в восьмой день до июльских ид в 11 часов после полуночи, мы имеем аномалию Сатурна, отсчитываемую от верхней апсиды его эксцентра, $56^1/_2$ градуса и среднее параллактическое движение 174 градуса 44 минуты. Все это важно было получить для нижеследующего.

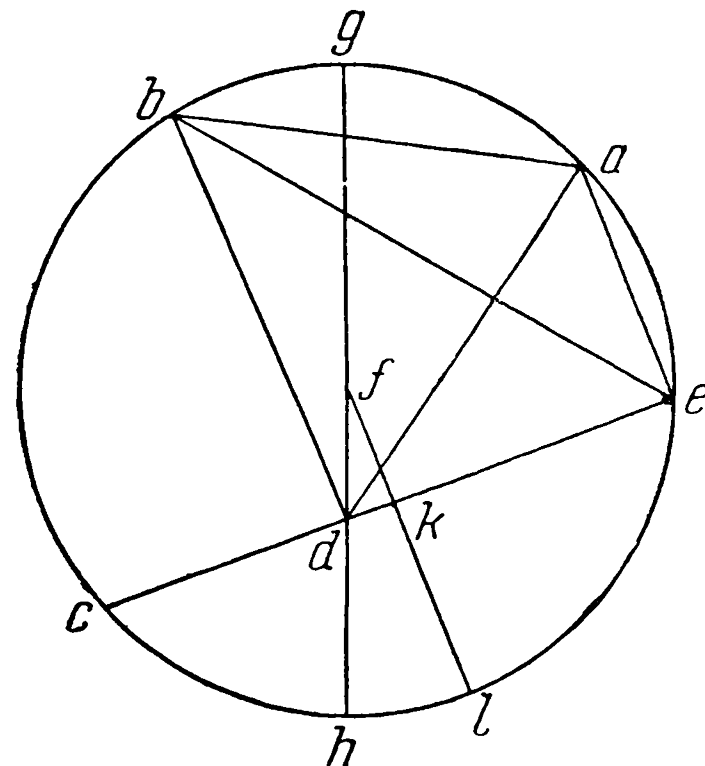
Глава VI

О трех других недавно наблюдавшихся акронихических положениях Сатурна

Так как данное Птолемеем вычисление движения Сатурна не совсем
подходит к имеющемуся в наше время и нельзя сразу понять, где скрывается ошибка, то мы были принуждены произвести новые наблюдения,
которые снова дали три его акронихических положения. Первое было в
1514 году от рождества Христова в третий день до майских нон за один
20 час и пятую часть до полуночи, когда Сатурн оказался на 205 градусах
24 минутах. Второе было в 1520 году от рождества Христова в третий день
21 до июльских ид в полдень на 273 градусах 25 минутах. Третье — в 1527
году от рождества Христова в шестой день до октябрьских ид в шесть ча-
22 сов и две пятых часа после полуночи: Сатурн был виден на 7 минутах гра-
дуса от рога Овна.

Таким образом, между первым и вторым наблюдениями прошло
6 египетских лет 70 дней и 33 шестидесятых, в течение которых видимое
движение Сатурна составило 68 градусов 1 минуту. От второго до третье-
го прошло 7 египетских лет 89 дней и 46 шестидесятых, и видимое движе-
ние планеты было 86 градусов 42 минуты. Среднее движение в первом про-
23 межутке было 75 градусов 39 минут, во втором — 88 градусов 29 минут.
При определении верхней апсиды и эксцентриситета сначала следует действовать по предписанию Птолемея, как будто бы планета двигалась только по одному эксцентрическому кругу. Это хотя и не является достаточным, однако при помощи таких приближений мы легче достигнем истинного.

Итак, пусть круг *abc* будет как бы тем, по которому равномерно движется планета. Пусть первое акронихическое положение будет в точке *a*, второе — в *b*, третье — в *c*. Возьмем внутри этого круга центр *d* земной орбиты и проведем к нему прямые *ad*, *bd*, *cd*; какую-нибудь из них продолжим по прямой до противолежащей части окружности, например *cde*, и соединим прямыми *ae*, *be*. Так как угол *bdc* дан и равняется 86 градусам 42 минутам (градусы считаются такими, что 180 их составляют при центре два прямых), то дополняющий угол *bde* будет 93 градуса 18 минут; если же считать, что 360 градусов соответствуют двум прямым, то его величина будет 186 градусов 36 минут. Угол *bed* при измерении по дуге *bc* равен 88 градусам 29 минутам, и, значит, последний угол *dbe* —84 градусам 55 минутам. Следовательно, в треугольнике *bde* с заданными углами стороны определятся 24 по таблице, а именно *be* равна 19 953 частям и *de* — 13 501 части, если диаметр круга, описанного около треугольника, принять равным 20 000.



Подобно этому в треугольнике *ade*, где угол *adc* дается равным 154 градусам 43 минутам (два прямых составляют 180 градусов), его дополнение *ade* будет 25 градусов 17 минут. Если принять два прямых за 360 градусов, то он будет равен 50 градусам 34 минутам; таких же в угле *aed* при измерении по дуге *abc* будет 164 градуса 8 минут. Последний угол *dae* будет равен 145 градусам 18 минутам. Поэтому будут известны и стороны; *de* равна 19 090, а *ae* — 8542 частям, каких в диаметре круга, описанного около треугольника *ade*, будет 20 000; но если *de* давалась равной 13 501, то в *ae* будут 6043 такие части, каких в *be* было 19 953. Отсюда в треугольнике *abe* будут данными две стороны *be* и *ea* вместе с углом *aeb*, который известен и при измерении по дуге *ab* равняется 75 градусам 39 минутам. Следовательно, на основании доказанного относительно плоских треугольников *ab* будут равна 15 647 частям, каких в *be* содержится 19 968. В соответствии с тем, что хорда *ab*, стягивающая заданную дугу, равна 12 266 частям, каких в диаметре эксцентра содержится 20 000, *eb* будет равна 15 644 таким частям, а *de* —10 599. Следовательно, по хорде *be* определяется дуга *bae*, равная 103 градусам 7 минутам; поэтому вся дуга *eabc* будет 191 градус 36 минут и дополнение *ce* до окружности — 168 градусов 24 минуты; по ней определяется хорда *cde*, равная 19 898 частям, и избыток *cd* — 9299 частей.

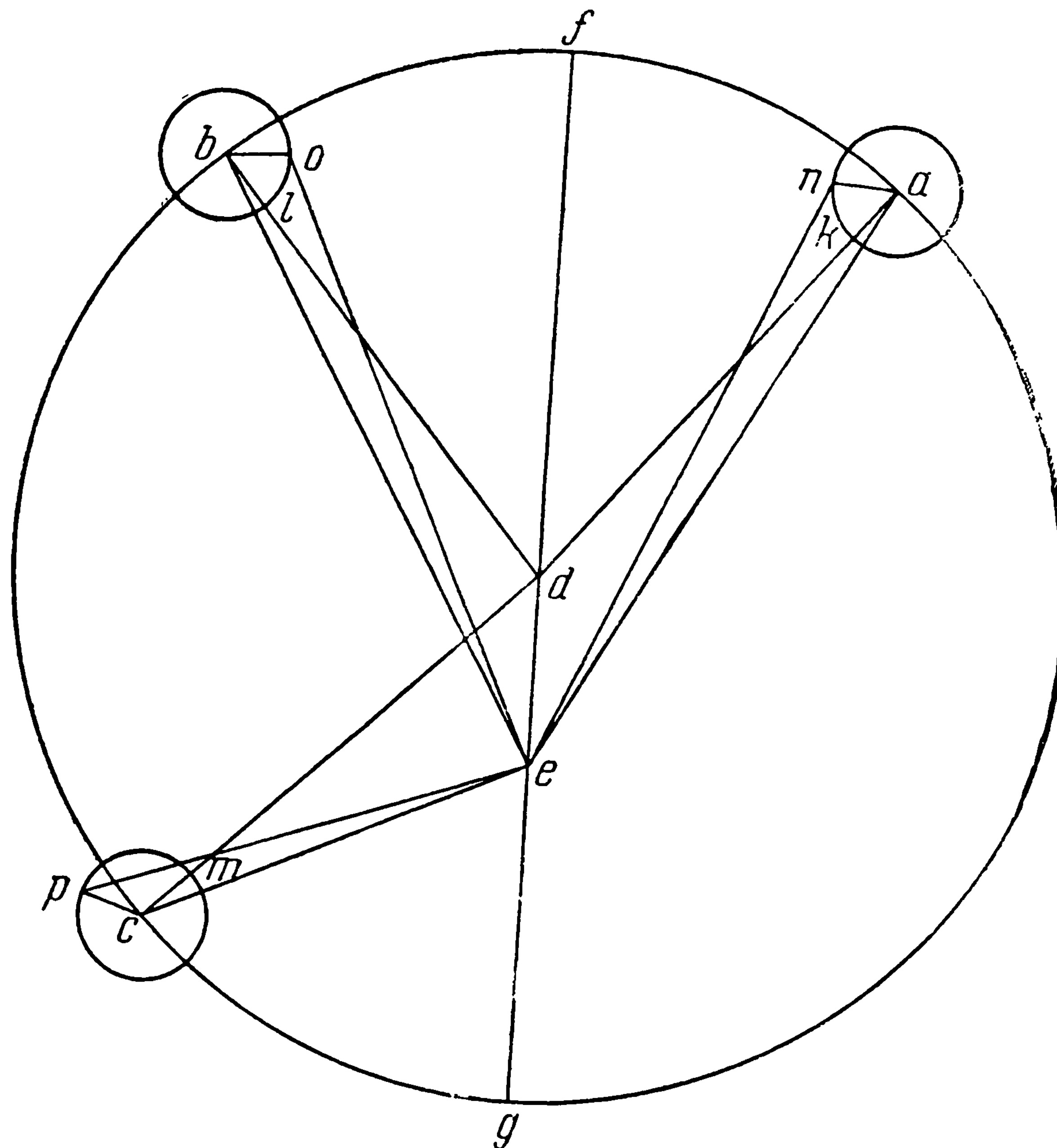
Теперь уже очевидно, что если бы *cde* была диаметром эксцентра, то на ней оказались бы места верхней и нижней апсид и было бы известно расстояние между центрами; но поскольку сегмент *eabc* будет большим

другого, то в нем и будет центр; пусть он будет в f. Через эту точку и d проведем диаметр $gfdh$ и fkl под прямыми углами к cde. Но очевидно, что содержащийся между cd, de прямоугольник равен прямоугольнику между gd, dh. Прямоугольник же между gd, dh вместе с квадратом на fd равен квадрату на половине gdh, то есть fdh. Следовательно, если от квадрата полудиаметра отнять прямоугольник на gd, dh или равный ему прямоугольник на cd, de, то в остатке получится квадрат на fd. Таким образом, будет данной длина fd: она равна 1200 частям, каких в радиусе gf содержится 10 000. Если gf принять за 60, то fd равнялась бы 7 частям и 12 шестидесятым, что мало отличается от данных Птолемея. Но так как cdk есть половина cde и равна 9949, а cd согласно доказанному составляет 9299 частей, то остаток dk будет содержать 650 частей, каких в gf предполагается 10 000, а в fd — 1200. Если fd равняется 10 000, то в dk таких частей будет 5411. Зная половину хорды, стягивающей удвоенный угол dfk, определим и сам этот угол, равный 32 градусам 45 минутам, если принять четыре прямых за 360 градусов; тому же будут равны и ему подобные в центре круга, стягивающие дугу hl. Но вся дуга chl, составляющая половину cle, равна 84 градусам 13 минутам. Следовательно, остаток от третьего акронихического положения до перигея будет равен 51 градусу 28 минутам. После отнятия их от полуокружности останется дуга cbg в 128 градусов 32 минуты — расстояние от верхней апсиды до третьего акронихического положения. Так как дуга cb равнялась 88 градусам 29 минутам, то остаток bg, равный 40 градусам 3 минутам, даст расстояние от верхней апсиды до второго акронихического положения. Затем следующая дуга bga, равная 75 градусам 39 минутам, дает ag — расстояние от первого акронихического положения до апогея g, а именно 35 градусов 36 минут.

Возьмем круг abc с диаметром $fdeg$, центром d, апогеем f, перигеем g и дугами: af —35 градусов 36 минут, fb —40 градусов 3 минуты, fbc — 128 градусов 32 минуты. Возьмем также три четверти от уже определенного расстояния de между центрами, а именно 900 частей и остающуюся четверть —300 частей, каких в радиусе fd будет 10 000. Этой последней четвертью мы опишем эпициклы с центрами в a, b, c и дополним всю фигуру согласно предположенному. Если, устроив все это, мы захотим подсчитать наблюденное положение Сатурна согласно вышеописанному методу, который сейчас повторим, то не найдем никакого разногласия. И если говорить кратко, не отягощая многим читателя, чтобы не показаться затратившими на указание отклонений больше труда, чем на выявление прямой дороги, то все это при помощи доказательств на треугольниках необходимо приведет к тому, что угол neo равняется 67 градусам 35 минутам, а другой oem — 87 градусам 12 минутам, так что один из них больше видимого на полградуса, а другой меньше на 26 минут. И мы сможем согласовать это друг с другом, если только, продвинув немножко апогей, сделаем дугу af равной 38 градусам 50 минутам, затем дугу fb —36 градусам 49 ми-

нутам, *fbc* —125 градусам 18 минутам, расстояние *de* между центрами — 854 частям, а радиус эпицикла — 285 частям, если принять *fd* за 10 000, что приблизительно согласуется с данными Птолемея, как изложено выше.

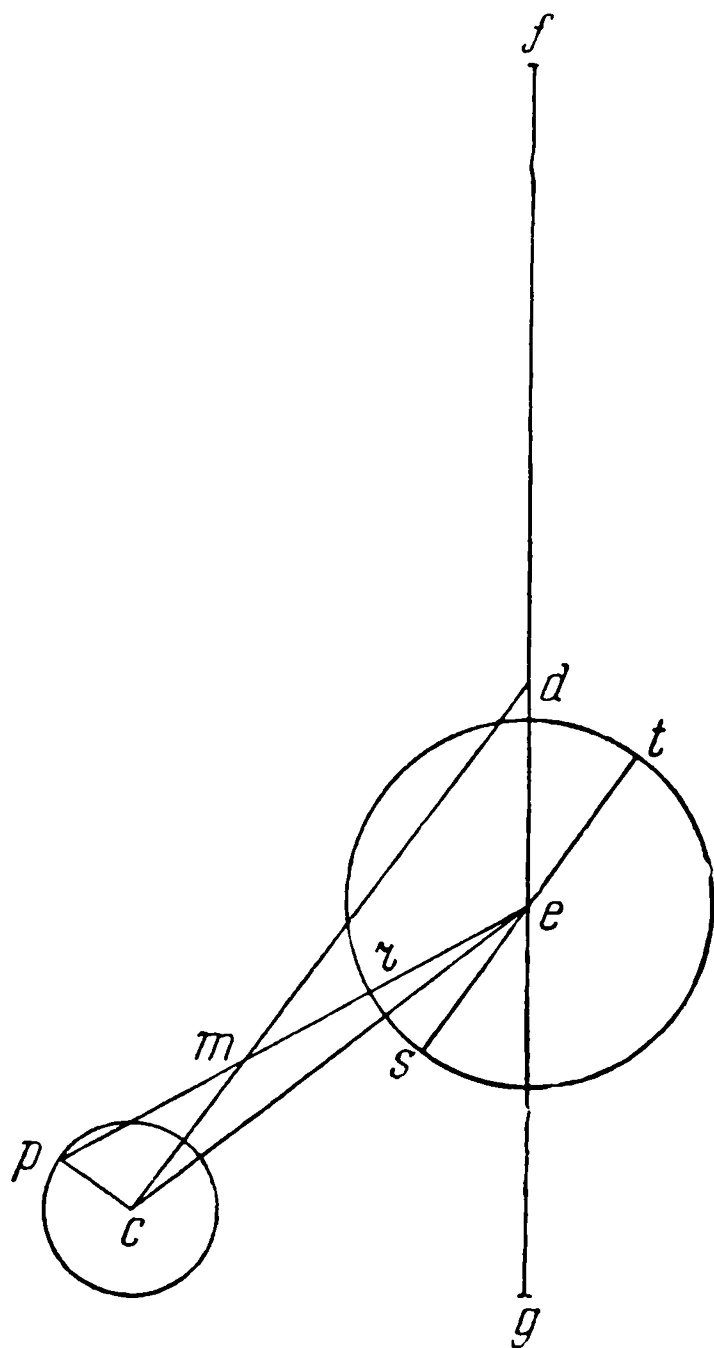
Так как эти величины согласуются с видимыми явлениями и тремя наблюденными ночными противостояниями, то отсюда становится очевидным, что если для первого акронихического положения в треугольнике



ade дается сторона *de* — 854 части, каких в *ad* будет 10 000, и угол *ade* — 141 градус 10 минут, составляющий вместе с углом *adf* около центра два прямых, то можно показать, что последняя сторона *ac* равна 10 679 частям, если радиус *fd* принять за 10 000, а остальные углы: *dae*—2 градуса 52 минуты и *dea*—35 градусов 58 минут. Подобно этому в треугольнике *aen*, где угол *kan* равен *adf*, весь угол *ean* будет равен 41 градусу 42 минутам, а сторона *an* — 285 частям, каких в *ae* содержалось 10 679. Также покажем, что угол *aen* будет равен одному градусу 3 минутам. Но так как известно, что весь угол *dea* равен 35 градусам 58 минутам, то остающийся угол *den* будет 34 градуса 55 минут.

Также для второго акронихического положения треугольник *bed* имеет две заданные стороны (ибо *de* равна 854 частям, каких в *db* содержится 10 000) вместе с углом *bde*. Следовательно, *be* будет иметь 10 697

таких же частей, угол *dbe* — 2 градуса 45 минут и остающийся угол *bed* — 34 градуса 4 минуты. Но угол *lbo* равен *bdf*; значит, весь угол *ebo* будет равен при центре 39 градусам 34 минутам. Этот угол заключается между данными сторонами *bo* — 285 частей — и *be* — 10 697 частей, откуда доказывается, что *beo* равняется 59 минутам. По их отнятии от угла *bed* остается *oed* — 33 градуса 5 минут. Но уже было доказано, что в первом противостоянии угол *den* равнялся 34 градусам 55 минутам. Следовательно, весь угол *oen* будет 68 градусов, чем определяется расстояние первого акронихического положения от второго вполне согласно с наблюдениями.



Также можно показать и относительно третьего акронихического положения. Так как в треугольнике *cde* угол *cde* дается равным 54 градусам 42 минутам, а стороны *cd*, *de* такие же, как выше, то отсюда докажем, что третья сторона *ec* равняется 9532 таким же частям, а остальные углы будут: *ced* — 121 градус 5 минут и *dce* — 4 градуса 13 минут. Следовательно, весь угол *pce* равняется 129 градусам 31 минуте. Таким образом, в треугольнике *epc* опять даны две стороны *pc*, *ce* вместе с углом *pce*, откуда получается, что угол *pec* равняется одному градусу 18 минутам. По отнятии его от *ced* остается угол *ped* — 119 градусов 47 минут — расстояние от верхней апсиды эксцентра до положения планеты в третьем противостоянии. Но доказано, что во втором положении расстояние это было 33 градуса 5 минут. Отсюда получается в остатке расстояние между вторым и третьим противостояниями Сатурна 86 градусов 42 минуты, что также вполне согласуется с наблюдениями. Определенное тогда положение Сатурна было на 8 минутах одного градуса, если взять начало в первой звезде Овна, и было доказано, что расстояние равнялось от него до нижней апсиды эксцентра 60 градусам 13 минутам. Следовательно, эта нижняя апсида переходит приблизительно на 60-й градус с третью, а место верхней апсиды будет в диаметрально противоположной точке на 240 градусах с третью.

Теперь вычертим великий круг *rst* Земли вокруг его центра *e*; его диаметр *set* возьмем параллельным линии среднего положения (сделав равными углы *fdc* и *des*). Тогда Земля и точка нашего зрения будут на линии *pe*,

например в *r*, а угол *pes* или дуга *rs*, на которую угол *fdc* среднего движения отличается от угла *dep* видимого, будут согласно доказанному равны 5 градусам 31 минуте. Вычтя их из полуокружности, получим в 26 остатке дугу *rt*—174 градуса 29 минут, представляющую расстояние планеты от апогея орбиты, который будет в *t* как бы в среднем положении Солнца.

Так, мы показали, что в 1527 году от рождества Христова в шестой день до октябрьских ид в шесть и две пятых часа пополуночи движения аномалии Сатурна от верхней апсиды эксцентра составляло 125 градусов 18 минут, параллактическое движение—174 градуса 29 минут и место верхней апсиды на сфере неподвижных звезд было на 240 градусах 21 минуте от первой звезды Овна.

Глава VII

О проверке движения Сатурна

Было показано, что во время последнего из трех наблюдений Птолемея Сатурн в своем параллактическом движении находился на 174 градусах 44 минутах, а положение верхней апсиды эксцентра было на 226 градусах 29 минутах от головы созвездия Овна. Ясно, что за время, протекшее между обоими наблюдениями, Сатурн в своем среднем параллактическом движении совершил 1344 оборота без четверти одного градуса. Но от двадцатого года Адриана двадцать четвертого дня египетского месяца месори и одного часа до полудня вплоть до времени нашего наблюдения в 1527 году после рождества Христова в шестой день до октябрьских ид в 6 часов протекло 1392 египетских года 75 дней и 48 шестидесятых. Если мы при помощи этого захотим по таблице определить само движение, то также получим 5 шестидесяток 59 градусов и 48 минут в качестве остатка после тысячи трехсот сорока трех параллактических обращений.

Таким образом, все изложенное относительно средних движений Сатурна вполне правильно. Так как в течение указанного времени простое движение Солнца составляет 82 градуса 30 минут, то по отнятии от них 359 градусов 45 минут в остатке получатся 82 градуса 45 минут среднего движения Сатурна, которые наросли в его сорок седьмом обращении, в соответствии с вычислением. В этом же промежутке времени положение верхней апсиды эксцентра продвинулось на 13 градусов 58 минут на сфере неподвижных звезд. Птолемей считал ее положение неподвижным, теперь же оказывается, что она перемещается в течение ста лет приблизительно на один градус.

Глава VIII

Об установлении исходных положений Сатурна

От начала христианской эры до двадцатого года Адриана 24-го дня месяца месори и одного часа до полудня (времени наблюдения Птолемея) прошло 135 египетских лет 222 дня и 27 шестидесятых, в течение которых параллактическое движение Сатурна равнялось 328 градусам 55 минутам. Если их отнять от 174 градусов 44 минут, то в остатке получится 205 градусов 49 минут — расстояние среднего положения Солнца от среднего положения Сатурна; это и будет его параллактическое движение в полночь перед январскими календами. До этого пункта протекшие от первой олимпиады 775 египетских лет $12^{1}/_{2}$ дня заключают параллактическое движение (за вычетом полных оборотов) 70 градусов 55 минут. Если их вычесть из 205 градусов 49 минут, то в остатке получатся 134 градуса 54 минуты для начала счета по олимпиадам в полдень первого дня месяца гекатомбеона. Отсюда через 351 год 247 дней получится за вычетом полных оборотов 13 градусов 7 минут. Прибавив их к предыдущим, получим исходное положение для эры Александра Великого 148 градусов 1 минуту в полдень первого дня египетского месяца Тот. До Цезаря будет 278 лет $118^{1}/_{2}$ дня, а движение —247 градусов 20 минут, что дает исходное положение 35 градусов 21 минуту в полночь перед январскими календами.

Глава IX

О параллактических обращениях Сатурна, получающихся вследствие годового движения Земли по орбите, и о том, каково его расстояние от Солнца

Таким образом, определены средние движения Сатурна по долготе вместе с видимыми. Все остальные имеющиеся у него видимые движения являются, как мы сказали, параллактическими смещениями, происходящими от годичного движения Земли. Действительно, если размеры Земли по сравнению с расстоянием до Луны производят параллаксы, то и орбита годичного обращения Земли должна производить то же самое по отношению к пяти планетам; только эти отклонения вследствие величины этой орбиты должны быть гораздо более заметными. Но эти параллактические смещения не могут быть определены, если ранее не будет известна высота светила; последнюю мы можем, однако, определить, рассмотрев какое-нибудь одно параллактическое обращение.

Такое наблюдение для Сатурна мы произвели в 1514 году после рождест-
27 ва Христова в шестой день до мартовских календ через пять равновеликих

часов после предшествующей полуночи. Сатурн наблюдался на прямой линии со звездами во лбу Скорпиона, а именно второй и третьей, которые, имея одну и ту же долготу, находятся на 209 градусе сферы неподвижных звезд. Таким образом, при их помощи устанавливалось и положение Сатурна. От начала христианского летоисчисления до упомянутого часа прошло 1514 египетских лет 77 дней и 13 шестидесятых; отсюда согласно вычислению среднее положение Солнца было на 315 градусах 41 минуте, аномалия параллактического движения Сатурна равнялась 116 градусам 31 минуте; вследствие этого среднее положение Сатурна соответствовало 199 градусам 10 минутам, верхняя апсида эксцентра находилась приблизительно на 240 градусах с одной третью.

Пусть в согласии со сделанными предположениями круг abc будет эксцентром, центр которого d; на диаметре bdc пусть b будет апогей, c—перигей, а e — центр земной орбиты. Соединим прямыми ad и ae и из центра a расстоянием, равным третьей части de, опишем эпицикл, на котором f будет место планеты, если построить угол daf равным adb. Через центр e земной орбиты проведем hi, считая его как бы в плоскости круга abc; пусть этот диаметр будет параллелен ad, так что по отношению к планете мы считаем апогей орбиты в h, а перигей в i. Отложим на этой орбите дугу hl в 116 градусов 31 минуту в соответствии с вычисленной параллактической аномалией и соединим прямыми fl и el; продолженная прямая $fkem$ пересечет с обеих сторон окружность орбиты.
Согласно предположению угол adb равен 40 градусам 10 минутам, как 28
и угол daf, его дополнение ade будет 138 градусов 50 минут и de составлена из 854 частей, каких в ad будет 10 000. Отсюда в треугольнике ade третья сторона ae определится равной 10 667 таким же частям, угол dea —38 градусам 9 минутам и последний угол ead —3 градусам 1 минуте; следовательно, весь угол eaf будет равен 44 градусам 11 минутам. Точно так же в треугольнике fae дается сторона fa, равная 285 таким же
частям, каких в ae [содержится 10667]; тогда последняя сторона fke 29
определится в 10 465 таких же частей, а угол aef будет равным одному градусу 5 минутам.

Таким образом, ясно, что вся разность, или простаферез, между сред-

ним и истинным положениями планеты составляет 4 градуса 6 минут,
30 которые дают в сумме углы dae и aef. Поэтому, если бы положение Земли было в k или m, Сатурн был бы виден из e, как бы из центра, на 203 градусах 16 минутах от созвездия Овна. Но так как Земля была в l, то он был виден на 209 градусах. Разность 5 градусов 44 минуты соответствует параллактическому смещению на угол kfl. Дуга hl по среднему движению
31 исчислена в 116 градусов 31 минуту, от которых по отнятии простафереза hm остается ml —112 градусов 25 минут, что для lik оставляет 67 градусов 31 минуту, откуда определяется угол kel. Поэтому в треугольнике fel с данными углами известно также и отношение сторон, а именно если ef
32 равна 10 465, то el будет равна 1090 таким же частям, каких в ad или bd содержится 10 000; но если согласно обычаю древних взять bd за 60 частей, то в el будет 6 частей и 32 шестидесятых, что, конечно, мало отличается от данных Птолемея.

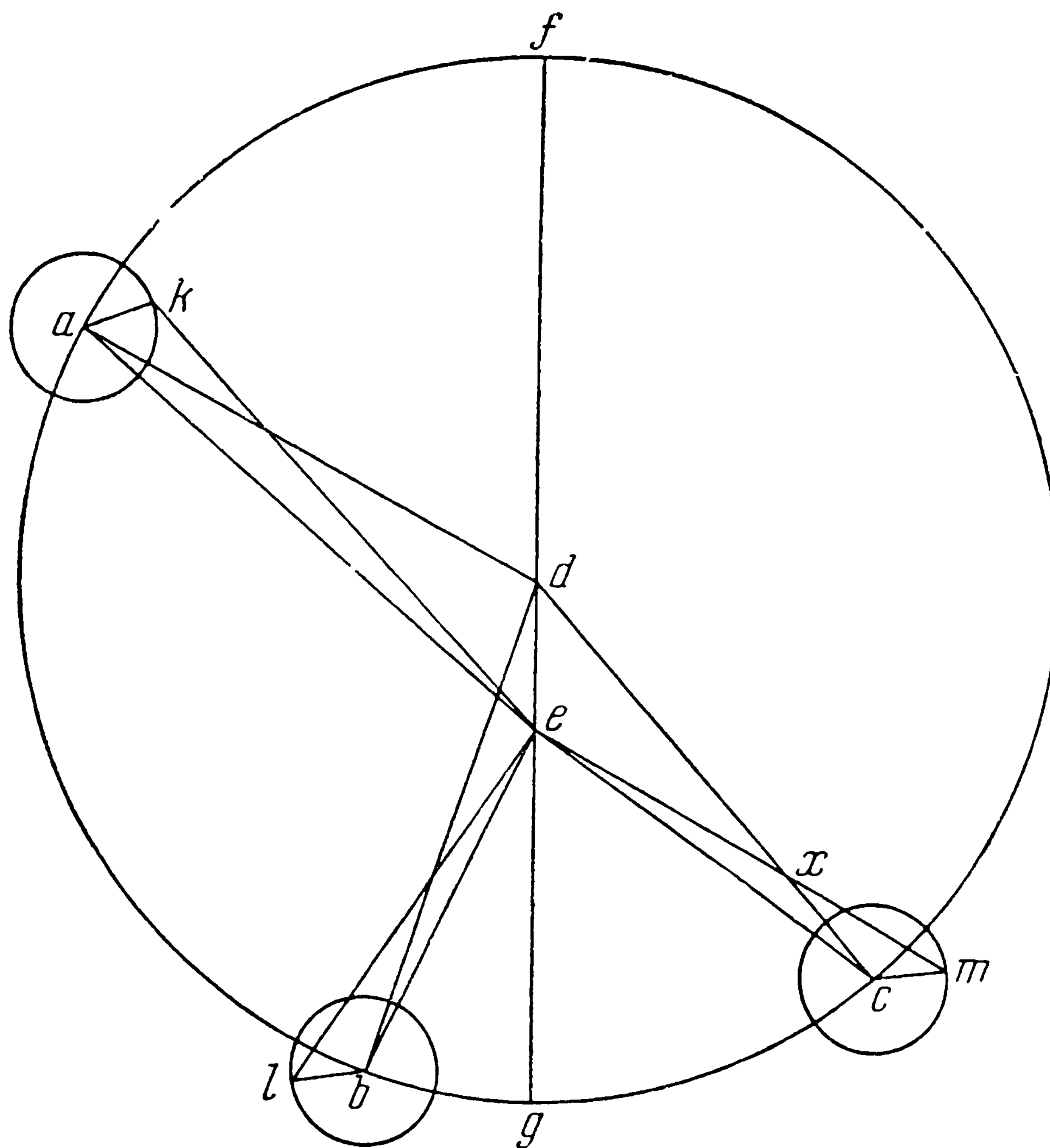
Итак, вся bde будет равна 10 854 частям, а остаток ce диаметра — 9146 частям. Но так как эпицикл в b от высоты планеты всегда отнимает 285 частей, а в c столько же, именно половину своего диаметра, прибавляет, то вследствие этого наибольшее расстояние Сатурна от центра будет 10 569 частей, а наименьшее — 9431 часть, каких в bd содержится 10 000. Согласно этому отношению Сатурн в апогее находится на высоте, равной 9 частям 42 шестидесятым, если радиус земной орбиты принять за одну часть, а в перигее — на 8 частях и 39 шестидесятых. По этим данным можно уже легко определять большие параллактические смещения Сатурна при помощи изложенного относительно Луны способа для определения ее малых параллактических смещений. Для Сатурна наибольшие смещения в апогее будут 5 градусов 55 минут, а в перигее — 6 градусов 39 минут; они разнятся между собой на 44 минуты и получаются между касательными к орбите ⟨Земли⟩, проведенными от планеты прямыми. По этому образцу в отдельных частных случаях определяются все неравенства в движении Сатурна; мы изложим их вместе и отдельно для рассматриваемых пяти светил позднее.

Глава X

Определение движения Юпитера

Покончив с Сатурном, для определения движения Юпитера мы используем тот же метод и порядок рассуждений. Взяв снова три данных и вы-
33 численных Птолемеем положения, при помощи указанного выше постепенного видоизменения кругов получим снова или те же, или мало отличающиеся орбиты. Первое противостояние имело место в 17 году Адриана в первый день египетского месяца эпифи за один час до следующей полуночи на 23 градусах и 11 минутах Скорпиона, как говорит Птолемей;

если вычесть предварение равноденствий, то оно было на 226 градусах 33 минутах. Второе он записал в 21 году Адриана в 13-й день египетского месяца фаофи за два часа до следующей полуночи на 6 градусах 54 минутах 34
Рыб; по отношению к сфере неподвижных звезд это был 331 градус 16 минут. Третье было в первый год Антонина в месяце атире в ночь, следующую за 20-м днем этого месяца, через пять часов после полуночи на 7 градусах



45 минутах сферы неподвижных звезд. От первого до второго прошло 3 египетских года 106 дней 23 часа, и видимое движение планеты было 104 градуса 43 минуты; от второго до третьего — один год 37 дней 7 часов, и видимое движение планеты было 36 градусов 29 минут. В первом промежутке времени среднее движение составляет 99 градусов 55 минут, во втором — 33 градуса 26 минут. Птолемей нашел, что дуга эксцентра от верхней апсиды до первого акронихического положения равнялась 77 градусам 15 минутам, затем от второго акронихического положения до нижней апсиды — 2 градуса 50 минут и отсюда до третьего акронихия — 30 градусов 36 минут; весь эксцентриситет составлял $5^1/_2$ части, если радиус взять

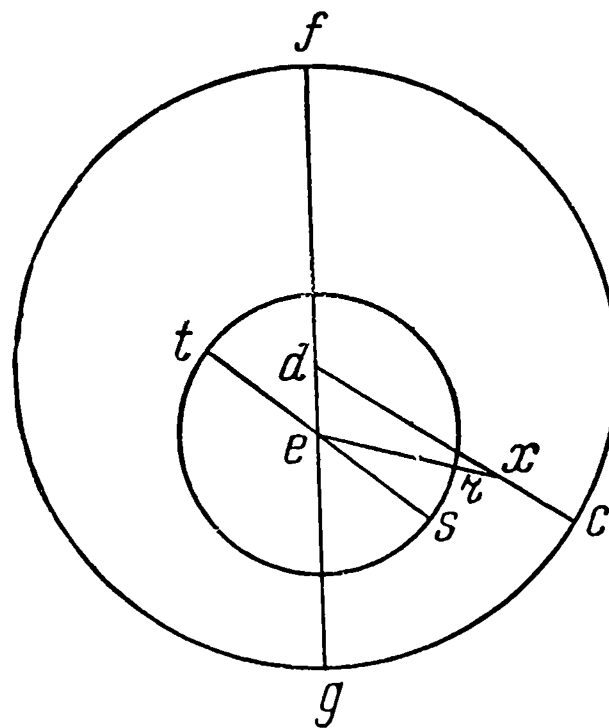
за 60, или 917 частей, если принять его равным 10 000; все это приблизительно соответствовало наблюдениям.

Пусть abc будет круг, дуга ab которого между первым и вторым противостояниями равняется указанным 99 градусам 55 минутам, bc — 33 градусам 26 минутам. Из центра d проводим диаметр fdg так, чтобы дуга fa от верхней апсиды f имела 77 градусов 15 минут, fab — 177 градусов 10 минут и gc — 30 градусов 36 минут. Затем возьмем в e центр земной орбиты; пусть три четверти от 917 будет расстояние de, равное 687. В точках a, b, c построим эпициклы с радиусами, равными оставшейся четверти 229, соединим прямыми ad, bd, cd, ae, be, ce и на эпициклах проведем ak, bl, cm так, чтобы углы dak, dbl, dcm были соответственно равны adf, fdb, fdc; затем k, l, m соединим с e прямыми линиями. Так как в треугольнике ade дан угол ade, равный 102 градусам 45 минутам (ибо угол adf дан), и сторона de, составляющая 687 таких частей, каких в ad будет 10 000, то определится также и третья сторона ae, равная 10 174 таким же частям, угол ead — 3 градуса 48 минут и последний dea — 73 градуса 27 минут, а весь угол eak будет равен 81 градусу 3 минутам. Следовательно, в треугольнике aek с двумя заданными сторонами: ea — 10 174 части, каких в ak 229, — и углом eak определится угол aek, равный одному градусу 17 минутам. Отсюда найдется также и остающийся угол ked — 72 градуса 10 минут.

Подобно этому вычисляется и треугольник bed. Действительно, стороны bd, de все время остаются равными вышеупомянутым и задан угол bde — 2 градуса 50 минут; вследствие этого основание be получится равным
35 ным 9314 частям, каких в db будет 10 000, а угол dbe равен 1 градусу 12 минутам. Точно так же в треугольнике elb даны две стороны и весь угол ebl, равный 177 градусам 22 минутам; также будет данным и угол leb — 4 минуты одного градуса. Отняв от угла fab полученные после сложения 16 минут, найдем в остатке 176 градусов 54 минуты, относящиеся к углу fel. Если из последнего вычесть ked — 72 градуса 10 минут, то останутся 104 градуса 44 минуты; они принадлежат углу kel видимого движения между первой и второй наблюденными точками, что почти совпадает с действительностью.

В-третьих, из треугольника cde с данными сторонами cd, de и углом cde — 30 градусов 36 минут определятся основание ec, равное 9410 частям, каких в cm будет 229, и угол dce — 2 градуса 8 минут. Отсюда весь угол
36 ecm получится равным 147 градусам 44 минутам в треугольнике ecm, откуда определится угол cem — 39 минут и внешний dxe, равный сумме обоих внутренних — ecx и cex противоположного, а именно 2 градусам 47 минутам. На эту величину dem будет меньше fdc, так что остающийся gem будет равен 33 градусам 23 минутам, а весь lem — 36 градусам 29 минутам, что дает расстояние от второго акронихического положения до третьего, также совпадающее с наблюденным. А так как положение это-

го третьего противостояния было определено на 7 градусах 45 минутах и
(как было показано) следовало за нижней апсидой на расстоянии 33 гра-
дусов 23 минут, то отсюда положение верхней апсиды определяется тем, 37
что остается от полуокружности; она именно
будет на 154 градусах 22 минутах сферы не-
подвижных звезд.



Вокруг точки *e* построим годовую орбиту
rst Земли с диаметром *set*, параллельным
прямой *dc*. Было установлено, что угол *gdc*
равнялся 30 градусам 36 минутам, чему
равен и угол *ges*, и что угол *dxe* или равный
ему *res*, а также дуга *rs* равны двум граду-
сам 47 минутам, что дает расстояние планеты
от среднего перигея орбиты; вследствие этого
вся дуга *tsr* от верхней апсиды орбиты полу-
чается равной 182 градусам 47 минутам.
Этим подтверждается, что в час указанного
третьего акронихического положения Юпи-
тера, отмеченного в первый год Антонина в 20-й день египетского
месяца атира за пять часов до следующей затем полуночи, планета
Юпитер имела параллактическую аномалию в 182 градуса 47 минут;
среднее положение ее по долготе было на 4 градусах 58 минутах, а место 38
верхней апсиды эксцентра — на 154 градусах 22 минутах, что вполне соот-
ветствует также и нашей гипотезе подвижности Земли и абсолютнейшей
равномерности движения.

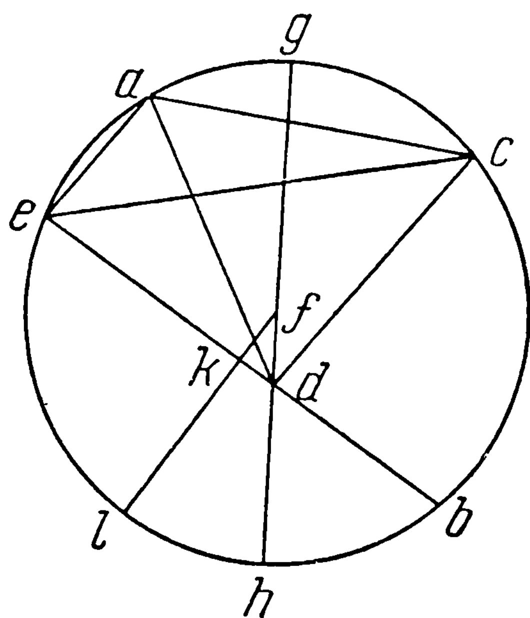
Глава XI

О трех других недавно наблюдавшихся акронихических положениях Юпитера

С тремя положениями планеты Юпитер, переданными нам древностью
и указанным образом вычисленными, мы сопоставим три других акрони-
хических положения Юпитера, которые мы сами наблюдали с большой
тщательностью. Первое было в 1520 году после рождества Христова нака-
нуне майских календ через 11 часов после предшествующей полуночи на 39
200 градусах 18 минутах сферы неподвижных звезд. Второе — в 1526 году
после рождества Христова в четвертый день до декабрьских календ че- 40
рез три часа после полуночи на 48 градусах 34 минутах. Третье — в 1529
году в самые февральские календы по прошествии 19 часов после полуночи 41
на 113 градусах 44 минутах. От первого до второго прошло 6 лет 212 дней
и 40 шестидесятых; в течение этого времени видимое движение Юпитера

было 208 градусов 6 минут. Между вторым и третьим прошло 2 египетских года 66 дней и 39 шестидесятых, и видимое движение планеты было 65 градусов 10 минут. Среднее движение в первом промежутке времени было 199 градусов 40 минут, а во втором — 66 градусов 10 минут.

В соответствии с этим опишем эксцентрический круг *abc*, по которому будем считать планету движущейся только одним равномерным движением. Отметим три наблюденных положения буквами *a*, *b*, *c* так, чтобы дуга *ab* имела 199 градусов 40 минут, дуга *bc* — 66 градусов 10 минут, и поэтому дуга *ac* имела 94 градуса 10 минут, как дополнение до полной окружности. Возьмем также *d* — центр годовой орбиты Земли и соединим с ним *ad*, *bd*, *cd*; одну из этих прямых, например *db*, продолжим в обе стороны до окружности (пусть она будет *bde*) и соединим прямыми *ac*, *ae*, *ce*. Так как угол *bde* видимого движения равен 65 градусам 10 минутам (если считать, что четыре прямых угла вокруг центра составляют 360 градусов), то его дополнение *cde* будет равняться 114 таким же градусам 50 минутам; если считать, что 360 градусов соответствуют двум прямым (как это делается для углов на окружности), то последний упомянутый угол будет равен 229 градусам 40 минутам, а угол *ced* по дуге *bc* будет 66 градусов 10 минут и, значит, последний угол *dce* равен 64 градусам 10 минутам. Следовательно, в треугольнике *cde* с заданными углами будут даны и
42 стороны: *ce* — 18 150 частей и *ed* — 10 918 частей, если диаметр описанного около треугольника круга принять за 20 000.



Подобно этому в треугольнике *ade*, где угол *adb* задается равным 151 градусу 54 минутам, как дополнение до окружности заданного углового расстояния первого акронихического положения до второго, и, следовательно, остающийся угол *ade* будет равен 28 градусам 6 минутам, если брать у центра, а по окружности — 56 градусам 12 минутам, а угол *aed* по дуге *bca* равен 160 градусам 20 минутам; тогда последний угол *ead* будет 143 градуса 28 минут. Отсюда сторона *ae* выходит равной 9420, а *ed* — 18 992 частям, если диаметр круга, описанного около треугольника *ade*, имеет
43 20 000 частей. Но если *ed* равнялась бы 10 918 частям, то *ae* составит 5415 частей, каких в стороне *ce* было 18 150. Теперь мы получаем треугольник *eac*, у которого даны две стороны *ea* и *ec* с углом *aec* на дуге *ac*, равной 94 градусам 10 минутам. Отсюда определится угол *ace* на дуге *ae* — 30 градусов 40 минут, которая вместе с *ac* дает после сложения 124 градуса 50 минут;
44 стягивающая эту дугу хорда *ce* составляет 17 727 частей, каких в диаметре эксцентра будет 20 000. В соответствии с данным ранее отношением *de* будет
45 равна 10 665 таким же частям, а вся дуга *bcae* — 191 градусу. Отсюда по-
46 лучается остающаяся дуга круга *eb* — 169 градусов; ее стягивает вся пря-

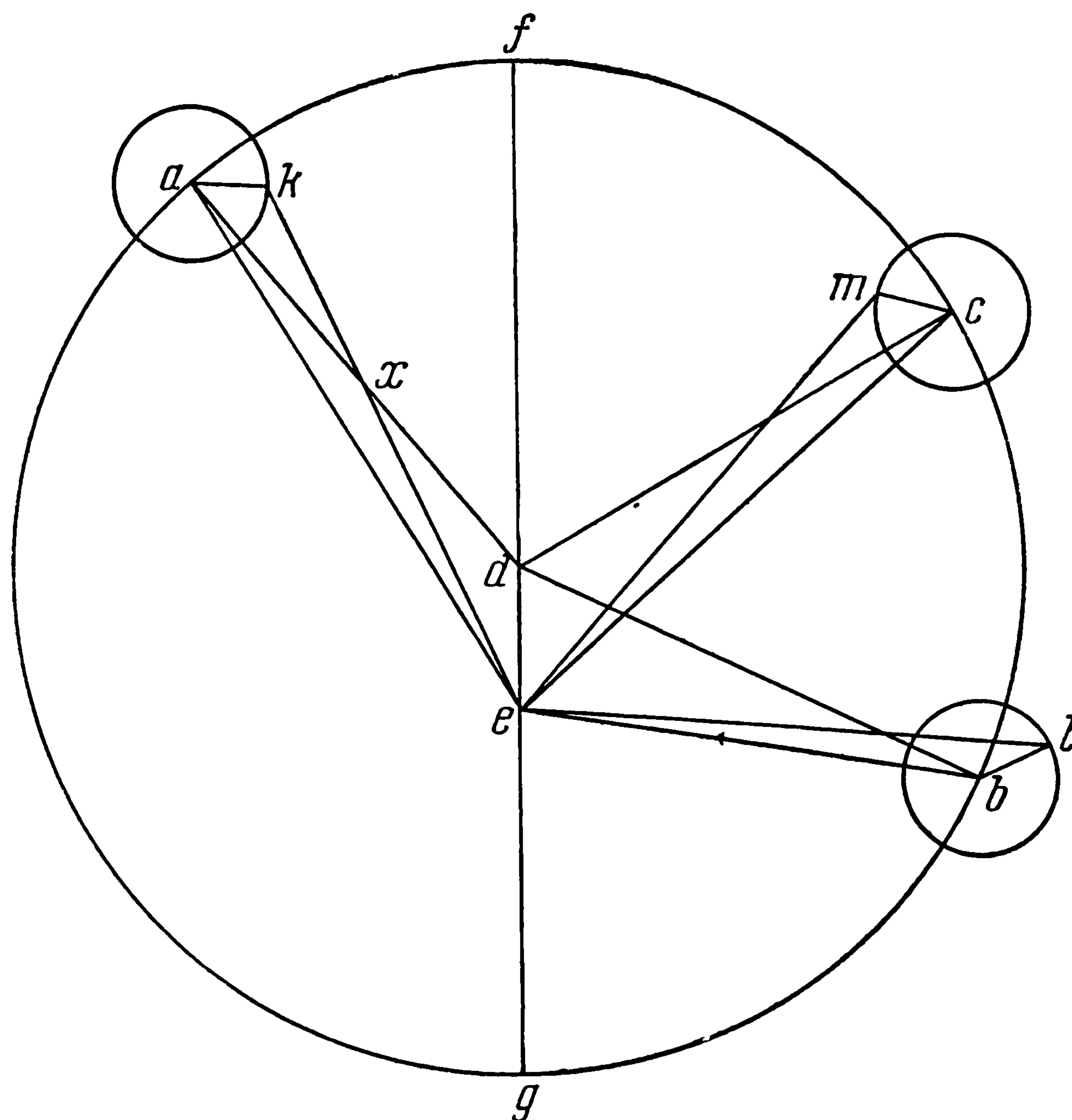
мая *bde*, равная 19 908 частям, каких в остатке *bd* будет 9243. И так как *bcae* является большим сегментом, то в нем будет находиться центр круга *f*.

Проведем теперь диаметр *gfdh*. Очевидно, что прямоугольник, заключающийся между *ed*, *db*, равен прямоугольнику между *gd*, *dh*, который поэтому будет тоже дан. Но прямоугольник между *gd*, *dh* вместе с квадратом на *fd* будет равен квадрату на *fdh*. Если отнять от последнего прямоугольник на *gd*, *dh*, то останется квадрат на *fd*. Следовательно, *fd* будет дана и по длине, которая равняется 1193 частям, каких в *fg* имеется 10 000; если бы 47
в последней было 60 частей, то *fd* равнялась бы 7 частям и 9 шестидесятым. 48
Разделим теперь *be* пополам в точке *k* и продолжим *fkl*; она будет под прямым углом к *be*. И так как полухорда *bdk* равна 9954 частям и *db* — 9243 частям, то в остатке получается *dk* —711 частей. Следовательно, в треугольнике *dfk* с данными сторонами будет также дан угол *dfk*, равный 36 градусам 35 минутам, и дуга *lh*—тоже 36 градусов 35 минут. Но вся дуга *lhb* составляет $84^1/_2$ градуса; остается *bh*, равная 47 градусам 55 минутам, которая представляет расстояние второго акронихического положения от перигея, а остальная дуга до апогея *bcg* равна 132 градусам 5 минутам. Если мы отнимем *bc*, равную 66 градусам 10 минутам, то останутся 65 градусов 55 минут, определяющих расстояние третьего акронихического положения до апогея. Если вычтем это из 94 градусов 10 минут, то в остатке получится 28 градусов 15 минут, представляющие расстояние от апогея до первого положения эпицикла.

Все это, конечно, мало соответствует видимым явлениям, поскольку планета не движется по предложенному эксцентру, так что этот способ определения, покоящийся на неточных принципах, не может дать чего-нибудь надежного. Об этом, кроме многого другого, можно судить и по тому, что у Птолемея для Сатурна расстояние между центрами дается большим истинного, для Юпитера меньшим. Мы же взяли это расстояние достаточно большим, чтобы более очевидно показать, что, принимая для одной и той же планеты различные дуги кругов, не можем получить тем же способом требуемое. Согласовать среднее и видимое движение Юпитера для трех предложенных пунктов, а также и для всех других можно только, если мы будем следовать данному у Птолемея расстоянию между центрами, или эксцентриситету в 5 частей и 30 шестидесятых, приняв радиус эксцентра за 60; если принять последний равным 10 000, то соответствующих частей будет 917. Это дает дугу от верхней апсиды до первого противостояния
равной 45 градусам 2 минутам, от нижней апсиды до второго — 64 градусам 49
42 минутам и от третьего противостояния до верхней апсиды — 49 градусом 8 минутам.

Теперь будем повторять предыдущий чертеж эксцентра с эпициклами, пока он не даст удовлетворительного совпадения с данными наблюдения. Тогда согласно нашему предположению в качестве трех четвертей всего

расстояния *de* между центрами мы получим 687 частей, а для оставшейся на эпицикле четверти — 229 частей, если принять *fd* за 10 000. Поскольку угол *adf* равен 45 градусам 2 минутам, то в треугольнике *ade* даны две стороны *ad*, *de* с углом *ade*; на основании этого определится третья сторона *ae*,
50 равная 10 496 таким частям, каких в *ad* будет 10 000, и угол *dae* — два градуса 39 минут. И так как угол *dak* полагается равным *adf*, то весь угол

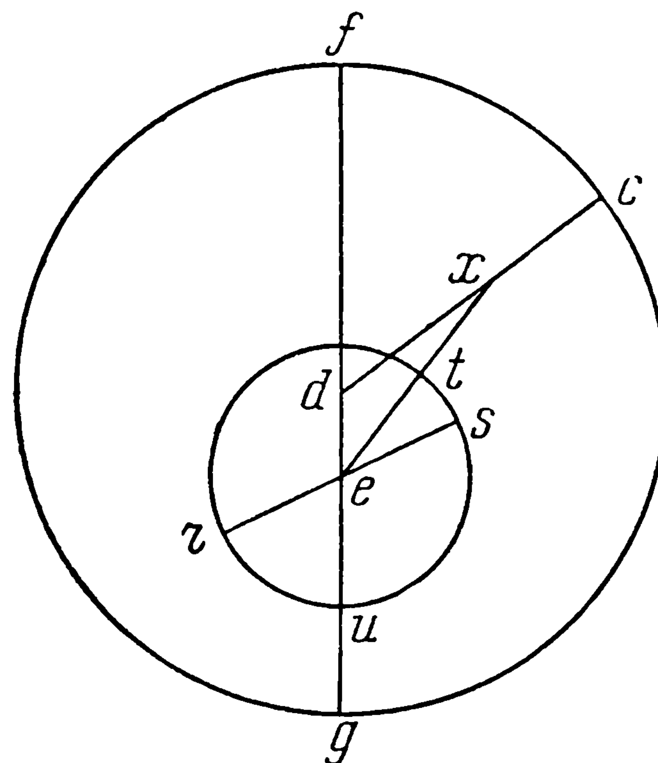


eak будет равен 47 градусам 34 минутам; вместе с ним в треугольнике *aek* даются и две стороны *ak*, *ae*, при помощи которых получается угол *aek* — 57 минут. Если мы отнимем от *adf* этот угол вместе с *dae*, то в остатке получится угол *ked* — 41 градус 26 минут для первого противостояния.

Так же проведем вычисление и в треугольнике *bde*. Так как даны две стороны *bd*, *de* и угол *bde*, равный 64 градусам 42 минутам, то будет известна и третья сторона *be* — 9725 таких частей, каких в *bd* будет 10 000, а также и угол *dbe* — 3 градуса 40 минут. Поэтому в треугольнике *bel* будут данными две стороны *be* и *bl* со всем углом *ebl* — 118 градусов 58 минут; тогда будет также данным и *bel*, равный одному градусу 10 минутам, а отсюда
51 найдется и *del* — 110 градусов 28 минут. Но уже было выяснено, что *aed* равнялся 41 градусу 26 минутам; значит, после сложения во всем угле

kel будет 151 градус 54 минуты. Отсюда остающиеся от 360 градусов, или четырех прямых, 208 градусов 6 минут представят угол видимого движения между первым и вторым противостояниями, что совпадает с наблюдениями.

Наконец, для третьего положения таким же образом даются стороны *dc*, *de* треугольника *cde* и также угол *cde*—130 градусов 52 минуты. Так как угол *fdc* задан, то третья сторона *ce* получится равной 10 463 таким частям, каких в *cd* будет 10 000, а угол *dce* — 2 градусам 51 минуте; значит, весь 52
угол *ecm* будет 51 градус 59 минут. Отсюда в треугольнике *ecm* будут даны две стороны *cm* и *ce* и угол *mce*. Тогда определится и угол *mec*; он будет равен одному градусу и вместе с ранее найденным углом *dce* представит разность между *fdc* и *dem* — углами среднего и видимого движений; поэтому в третьем противостоянии угол *dem* будет равен 45 градусам 17 минутам. Но уже показано, что *del* равнялся 110 градусам 28 минутам; следовательно, промежуточный угол *lem* будет 65 градусов 10 минут между вторым и третьим наблюденными противостояниями, что также соответствует наблюдениям. А так как третье положение Юпитера наблюдалось на 113 градусах 44 минутах сферы неподвижных звезд, то этим определяется место верхней апсиды Юпитера приблизительно на 159 градусах.



Если теперь вокруг точки *e* мы опишем орбиту *rst* Земли, диаметр *res* которой будет параллелен *dc*, то ясно, что в третьем акронихическом положении Юпитера угол *fdx* равнялся 49 градусам 8 минутам; ему будет равен угол *des*, так что в *r* будет находиться апогей равномерного параллактического движения. Теперь когда Земля прошла половину окружности вместе с дугой *st*, она стала в акронихическое положение с Юпитером; эта же дуга *st* равна 3 градусам 51 минуте, ибо доказано, что такова вели- 53
чина угла *set*. Поэтому отсюда ясно, что в 1529 году после рождества Христова в февральские календы в 19 часов после полуночи средняя параллактическая аномалия Юпитера была 183 градуса 51 минута, а истинное движение — 109 градусов 52 минуты и что апогей эксцентра теперь уже находится приблизительно на 159 градусах от рога Овна, что и требовалось определить.

Глава XII

Подтверждение расчетов среднего движения Юпитера

Мы уже видели выше, что в последнем из трех рассмотренных Птолемеем противостояний Юпитера планета в среднем своем движении была на 4 градусах 58 минутах, имея параллактическую аномалию 182 градуса 47 минут. Из этого ясно, что в промежутке между обоими наблюдениями в параллактическом движении Юпитера было пройдено за вычетом полных оборотов один градус 5 минут, а в его собственном движении — приблизительно 104 градуса 54 минуты. Время, прошедшее от первого года Антонина 20-го дня египетского месяца атира и пяти часов перед следующей полуночью до февральских календ 1529 года после рождества Христова и 19 часов после полуночи предыдущей ночи, составляет 1392 египетских года 99 дней и 37 шестидесятых частей дня; этому времени по изложенному выше вычислению точно так же соответствует один градус 5 минут, если исключить полные обороты, в течение которых Земля в равномерном движении тысяча двести шестьдесят семь раз обогнала движущегося Юпитера. Таким образом, числовые данные, согласные с наблюдениями, должны считаться надежными и проверенными. Также видно, что за это время верхняя и нижняя апсиды эксцентра переместились на $4^1/_2$ градуса по направлению последовательности знаков зодиака. Распределив равномерно это перемещение, мы получим приблизительно один градус в триста лет.

Глава XIII

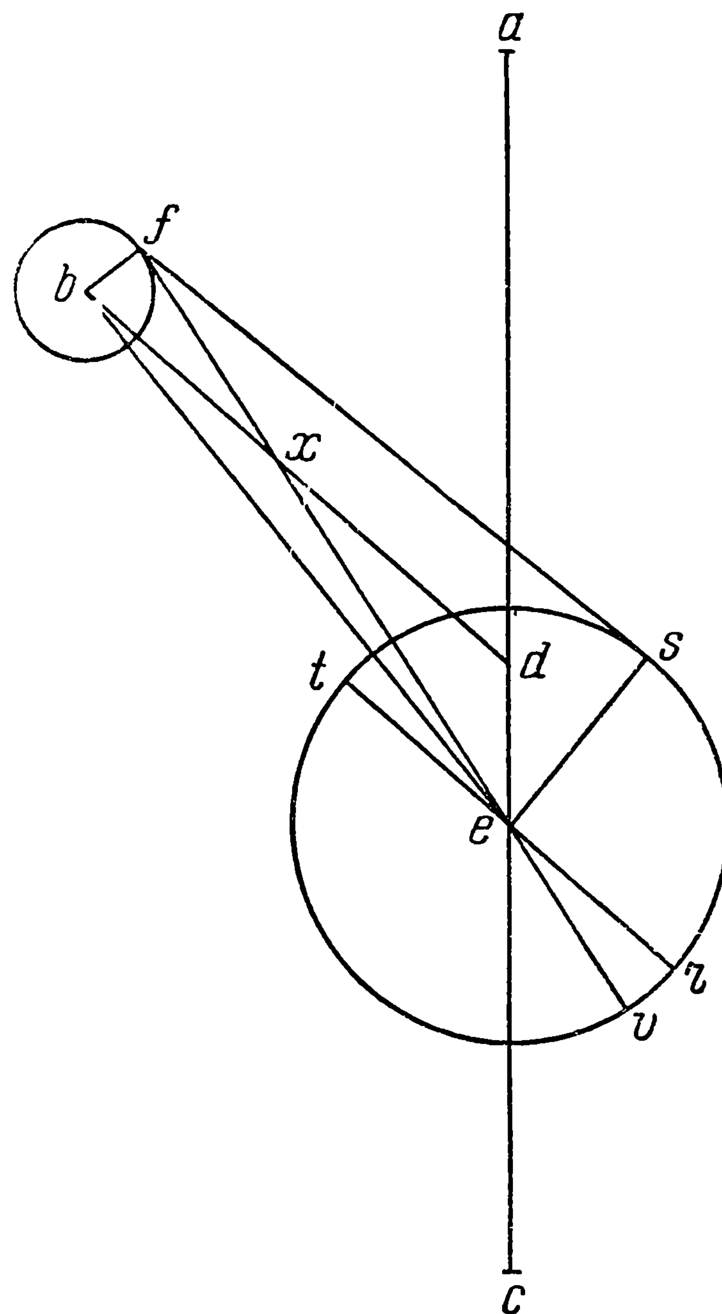
Установление исходных точек движения Юпитера

Так как время от последнего из трех наблюдений, а именно в первом году Антонина в 20-й день месяца атир за четыре часа до следующей полуночи, в обратном счете к началу христианского летоисчисления составляет 136 египетских лет 314 дней и 10 шестидесятых частей дня, в течение которых среднее параллактическое движение равнялось 84 градусам 31 минуте, то после их вычитания из 182 градусов 47 минут остаются 98 градусов 16 минут для полуночи перед январскими календами первого года христианского летоисчисления. Отсюда до первой олимпиады в течение 775 египетских лет $12^1/_2$ дня в движении кроме полных оборотов насчитывается 70 градусов 58 минут. Вычтя их из 98 градусов 16 минут, получим в остатке 27 градусов 18 минут для исходного пункта эры олимпиад; отсчитав от него 451 год 247 дней согласно течению времени, получим 110 градусов 52 минуты, которые вместе с соответствующими началу олимпиад вырастут до 138 градусов 10 минут для исходной точки эры Александра в полдень первого дня египетского месяца Тота. Таким же образом можно получить исходные точки и для каких угодно других эр.

Глава XIV

Об определении параллактических движений Юпитера и его высоты по отношению к земной орбите

Для того чтобы установить и другие наблюдаемые у Юпитера движения, происходящие от параллактических смещений, мы тщательно наблюдали его положение в 1520 году от рождества Христова на двенадцатый 54
день до мартовских календ за шесть часов до полудня и при помощи инструмента определили, что Юпитер на 4 градуса 31 минуту предшествовал первой и самой блестящей звезде во лбу Скорпиона. Поскольку положение этой звезды соответствовало 209 градусам 40 минутам, то ясно, что Юпитер находился на 205 градусах 9 минутах по отношению к сфере неподвижных звезд. Таким образом, от начала христианского исчисления прошло 1520 египетских лет 62 дня и 15 шестидесятых частей вплоть до часа упомянутого наблюдения; этим определяется среднее движение Солнца в 309 градусов 16 минут и параллактической аномалии — в 111 градусов 15 минут, откуда среднее положение планеты Юпитер устанавливается на 198 градусах 1 минуте. И так как для нашего времени положение верхней апсиды эксцентра было найдено на 159 градусах, то аномалия эксцентра Юпитера была 39 градусов 1 минута.



В соответствии с этим построим эксцентрический круг *abc* с центром *d* и диаметром *adc*. Пусть в *a* будет апогей, в *c* — перигей; вследствие этого на *dc* будет находиться центр *e* годичной орбиты Земли. Отложим дугу в 39 градусов одну минуту и вокруг взятой точки *b* как центра опишем эпицикл радиусом *bf*, равным третьей части расстояния *de*. Пусть угол *dbf* будет равен *adb*, и проведем соединительные прямые *bd*, *be* и *fe*. Итак, в треугольнике *bde* даны две стороны: *de* — 687 таких частей, каких в *bd* будет 10 000, заключающие данный угол *bde* — 140 градусов 59 минут; отсюда определится основание *be*, равное 10 543 таким же частям, и угол *dbe* — 2 градуса 21 минута, на которые *bed* отличается от *adb*. Следова-

тельно, весь угол *ebf* будет равен 41 градусу 22 минутам. После этого в треугольнике *ebf* будет дан угол *ebf* с двумя заключающими его сторонами: *eb*, равной 10 543 частям, каких в *bf* будет 229 (как в третьей части расстояния *de*), а в *bd* — 10 000. Отсюда получается последняя из этих сторон *fe* — 10 373 части и угол *bef* — 50 минут. Так как линии *bd* и *fe* пересекаются в точке *x*, то угол сечения *dxe* представляет разность между *fed* и *bda* — средним и истинным положениями; он получается в результате сложения *dbe* и *bef* и равен 3 градусам 11 минутам. Вычитая их из 39 градусов 1 минуты, в остатке получим угол *fed* — 35 градусов 50 минут — расстояние от верхней апсиды эксцентра до планеты. Но положение верхней апсиды было на 159 градусах; вместе взятые, они дают 194 градуса 50 минут. Таково было истинное положение Юпитера по отношению к центру *e*, но виден он был на 205 градусах 9 минутах; следовательно, разность 10 градусов 19 минут принадлежит параллактическому смещению.

Вычертим теперь вокруг центра *e* земную орбиту *rst* и проведем диаметр *ret* параллельно *db*, так что *r* будет апогеем в параллактическом движении. Возьмем также дугу *rs* в соответствии с мерой средней параллактической аномалии — 111 градусов 15 минут и продолжим *fev* по прямой до обеих сторон окружности земной орбиты. Пусть в *v* будет истинный апогей планеты; угол разности *rev*, равный *dxe*, определит всю дугу *vrs* — 114 градусов 26 минут, а остаток *fes* будет 65 градусов 34 минуты. Но так как угол *efs* оказался равным 10 градусам 19 минутам, то последний угол *fse* будет 104 градуса 7 минут. Тогда в треугольнике *efs* с заданными углами будет известно и отношение сторон: *fe* будет к *es*, как 9698 к 1791. Следовательно, каких частей в *fe* содержится 10373, таких в *es* будет 1916 и таких в *bd* будет — 10 000. Птолемей же нашел, что *es* равна 11 целым частям и 30 шестидесятым, если радиус эксцентра считать равным 60 частям; это соотношение их будет приблизительно таким же, как у 10 000 к 1916; так что в этом мы, по-видимому, ничем от него не отличаемся.

Итак, диаметр *adc* относится к диаметру *ret*, как 5 частей и 13 шестидесятых к одной; также *ad* относится к *es* или к *re*, как 5 целых 13 первых и 9 вторых шестидесятых частей к единице; таким образом, *de* будет равна 21 первым и 29 вторым шестидесятым, а *bf* — 7 первым и 10 вторым шестидесятым. Следовательно, в апогее Юпитера вся *ade* без *bf* будет относиться к полудиаметру земной орбиты, как 5; 27, 29 к единице, а остаток *ec* вместе с *bf* в перигее, как 4; 58, 49 к единице; также получится и для промежуточных положений, если понадобится. Отсюда выходит, что Юпитер в апогее дает наибольшее параллактическое смещение 10 градусов 35 минут, в перигее — 11 градусов 35 минут; разность между ними равняется одному градусу. Таким образом, средние движения Юпитера вместе с видимыми нами показаны.

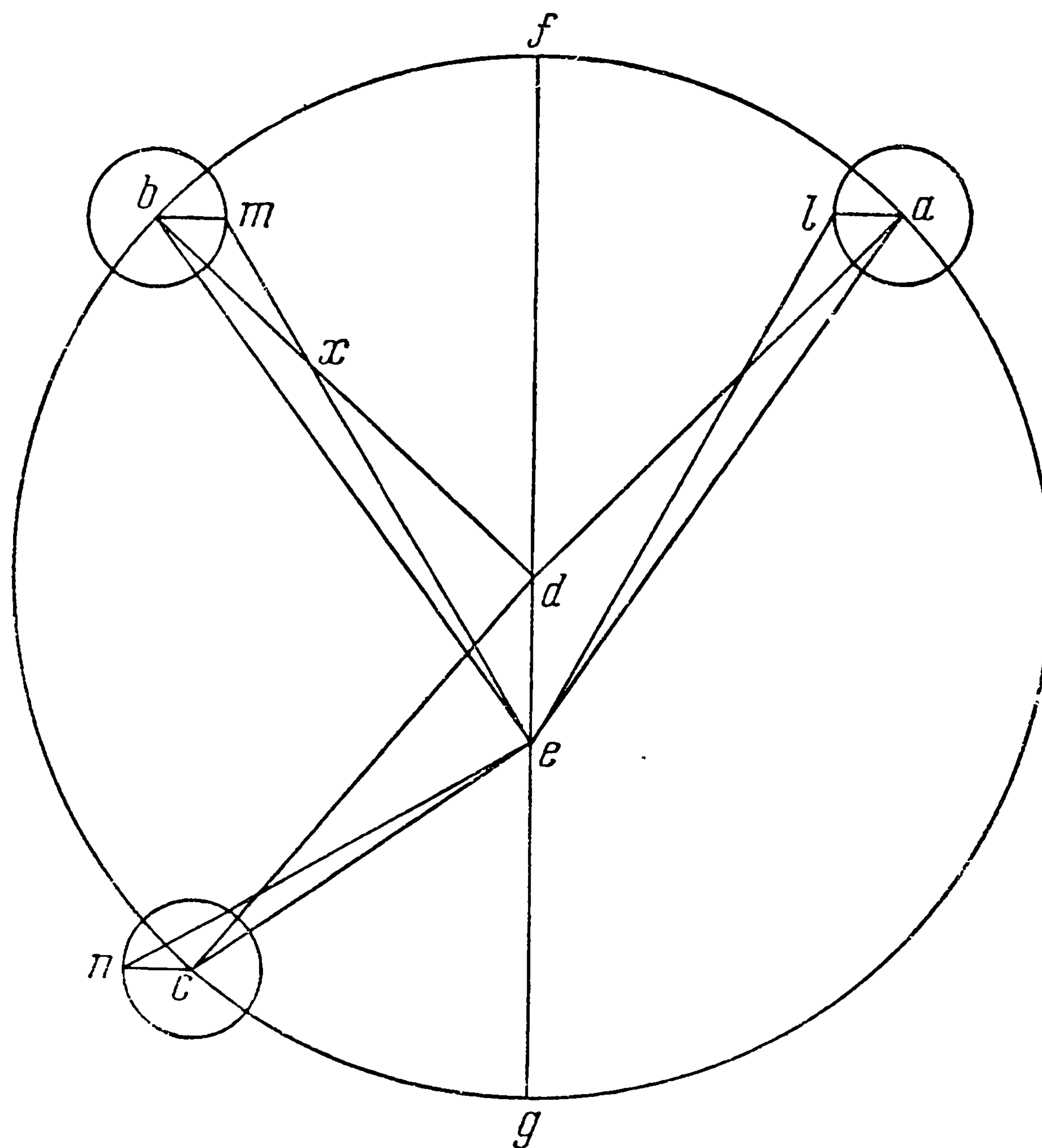
Глава XV

О планете Марс

Теперь нам предстоит рассмотреть обращения Марса, взяв три его древних противостояния; к ним мы также приложим представление древних о подвижности Земли. Из этих противостояний, о которых нам передает Птолемей, первое было в пятнадцатом году Адриана в 26-й день 55
месяца тиби, пятого у египтян, через один равноденственный час после полуночи следующей ночи; Птолемей говорит, что оно имело место на 21 градусе Близнецов; по отношению же к сфере неподвижных звезд оно было на 74 градусах 20 минутах. Второе он записал в девятнадцатом году его же в 6-й день фармути, восьмого месяца у египтян, за три часа до полуночи следующей ночи; оно было на 28 градусах 50 минутах Льва, но по сфере неподвижных звезд — на 142 градусах 10 минутах; третье — на втором году Антонина в 12-й день месяца эпифи, одиннадцатого у египтян, за два равноденственных часа до полуночи следующей ночи на двух градусах 34 минутах Стрельца, а по сфере неподвижных звезд — на 235 градусах 54 минутах. Между первым и вторым прошло 4 египетских года 69 дней 20 часов, или 50 шестидесятых дня, и видимое движение планеты за вычетом полных оборотов было 67 градусов 50 минут; от второго противостояния до третьего прошло 4 года 96 дней и один час, видимое движение планеты — 93 градуса 44 минуты. Среднее движение в первом промежутке было за вычетом полных обращений 81 градус 44 минуты, а во втором — 95 градусов 28 минут. Тогда он нашел, что все расстояние между центрами равнялось 12 частям, каких в радиусе эксцентра было 60, а если считать 10 000 частей, то 2000; затем в средних движениях от первого противостояния до верхней апсиды был 41 градус 33 минуты; далее, после вычитания одного из другого, второе противостояние — на 40 градусах 11 минутах за верхней апсидой и от третьего противостояния до нижней апсиды — 44 градуса 21 минута.

Согласно нашим предположениям о средних движениях расстояние между центрами эксцентра и земной орбиты будет три четверти вышеупомянутых, то есть 1500 частей, а остающаяся четверть — 500 частей — пойдет на полудиаметр эпицикла. Начертим теперь указанным образом эксцентрический круг abc с центром d и проходящим через обе апсиды диаметром fdg, на котором в точке e находится центр орбиты годового обращения Земли; пусть точки наблюденных противостояний будут по порядку a, b, c, дуга af равна 41 градусу 34 минутам, fb — 40 градусам 11 минутам и cg — 44 градусам 21 минуте. В каждой из точек a, b, c опишем эпицикл радиусом, равным третьей части расстояния de, и проведем соединительные прямые ad, bd, cd, ae, be, ce, а в эпициклах al, bm, cn так, чтобы углы dal, dbm, dcn были соответственно равны adf, bdf, cdf. Таким образом,

56 в треугольнике *ade* дан угол *ade* — 138 градусов 26 минут (ибо угол *fda* задан) и две стороны *ad*, *de* (именно *de* равна 1500 частям, каких в *ad* будет 10 000); отсюда следует, что последняя сторона *ae* составляет 11 172 такие же части, а угол *dae* равен 5 градусам 7 минутам; значит, весь угол
57 *eal* будет 46 градусов 41 минута. Точно так же в треугольнике *eal* дан угол *eal* с двумя сторонами — *ae*, равной 11 172 частям, и *al* — 500 частям,

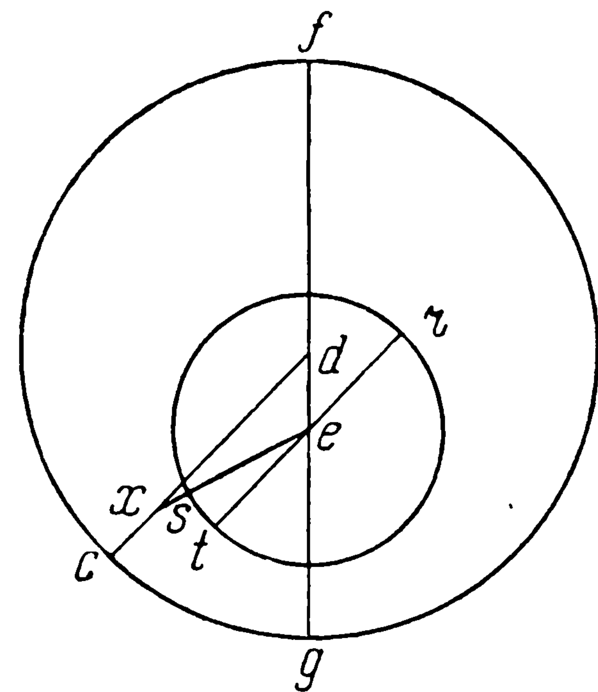


каких в *ad* будет 10 000; также будет дан угол *ael*, равный одному градусу 56 минутам, который вместе с углом *dae* составляет разность между *adf* и *led* — 7 градусов 3 минуты; дан будет также и угол *del* — $34^1/_2$ градуса.

Также для второго противостояния в треугольнике *bde* дается угол *bde* — 139 градусов 49 минут и сторона *de* — 1500 частей, каких в *bd* будет 10 000; отсюда получаются сторона *be* — 11 188 частей, угол *bed* — 35 градусов 13 минут и, наконец, *dbe* — 4 градуса 58 минут. Следователь-
58 но, весь угол *ebm* будет 45 градусов 13 минут; он заключается между данными сторонами *be* и *bm*, откуда следует, что угол *bem* равен одному градусу 53 минутам и последний *dem* — 33 градусам 20 минутам. Итак, весь угол *lem* равен 67 градусам 50 минутам; это будет угол видимого движе-

ния планеты от первого противостояния до второго, и полученное число согласно с действительностью.

Далее, так как в третьем противостоянии треугольник *cde* имеет две данные стороны *cd*, *de*, заключающие угол *cde* — 44 градуса 21 минуту, то отсюда получаются основание *ce* — 8988 частей, каких в *cd* содержится 59
10 000, или в *de* — 1500 и угол *ced* — 37 градусов 39 минут вместе с по- 60
следним *dce* — 6 градусов 42 минуты. Таким образом, в треугольнике *cen* опять известен весь угол *ecn*, равный 142 градусам 21 минуте и заключенный между известными сторонами *ec*, *cn*; поэтому будет также дан угол *cen* — 1 градус 52 минуты. Итак, остается последний угол *ned* — 127 градусов 5 минут в третьем противостоянии. Но уже было показано, что *dem* равнялся 33 градусам 20 минутам; остается *men* — 93 градуса 45 минут; это будет угол видимого движения между вторым и третьим противостояниями, в чем полученные числа достаточно близко совпадают с наблюдениями. А так как в этом последнем наблюденном противостоянии Марса планета была видна на 235 градусах 54 минутах, отстоя от апогея эксцентра (как было показано) на 127 градусов 5 минут, то, значит, положение апогея эксцентра Марса было на 108 градусах 50 минутах по сфере неподвижных звезд.

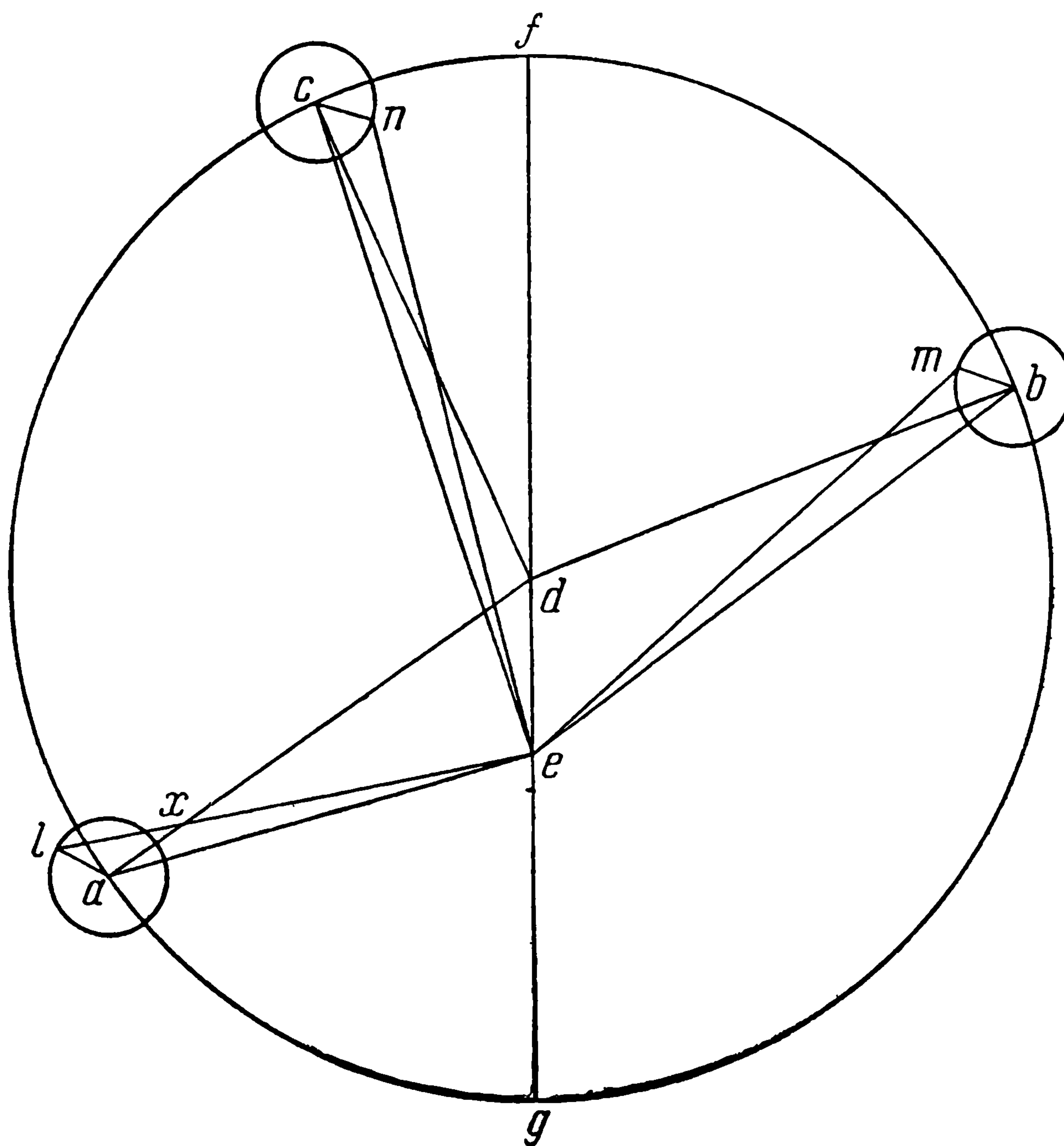


Нарисуем теперь годичную орбиту Земли *rst* вокруг центра *e* с диаметром *ret*, параллельным *dc*, так что *r* будет апогеем, а *t* —перигеем параллактического движения. Итак, планета была видна по *ex* на долготе 235 градусов 54 минуты и угол *dxe*, как было показано, равнялся 8 градусам 34 минутам — разности между средним и видимым движениями, и поэтому среднее движение равнялось 244 $^1/_2$ градуса. Но углу *dxe* равен угол при центре *set* тоже 8 градусов 34 минуты; следовательно, если дугу *st*, равную 8 градусам 34 минутам, отнять от полуокружности, то мы получим среднее параллактическое движение планеты; оно изобразится дугой *rs* — 171 градус 26 минут. Таким образом, между прочим на основании нашей гипотезы о движении Земли мы также показали, что во второй год Антонина в 12-й день египетского месяца эпифи через 10 равноденственных часов после полудня планета Марс в своем среднем движении по долготе находилась на 244$^1/_2$ градуса, а параллактическая аномалия равнялась 171 градусу 26 минутам.

Глава XVI

О трех других недавно наблюдавшихся противостояниях планеты Марс

С этими наблюдениями Марса, сделанными Птолемеем, мы сравнили три других, которые получили не без труда. Первое было в 1512 году после
61 рождества Христова в июньские ноны и один час пополуночи; положение Марса было найдено на 235 градусах 33 минутах, ибо противостоящее ему Солнце было на 55 градусах 33 минутах от первой звезды Овна, принятой



в качестве начального пункта на сфере неподвижных звезд; второе —
62 в 1518 году после рождества Христова накануне декабрьских ид в восемь часов пополудни; светило было видимо на 63 градусах 2 минутах; третье —
63 в 1523 году в восьмой день до мартовских календ за 7 часов до полудня на 133 градусах 20 минутах. Промежуток между первым и вторым наблюдениями составляет 6 египетских лет 191 день и 45 шестидесятых частей дня, между вторым и третьим — 4 года 72 дня и 23 шестидесятых; видимое движение в первом промежутке времени — 187 градусов 29 минут, а сред-

нее — 168 градусов 7 минут; во втором промежутке времени видимое движение — 70 градусов 18 минут, среднее — 83 градуса.

Повторим чертеж эксцентрического круга Марса, только теперь дуга *ab* будет уже равна 168 градусам 7 минутам, а *bc* — 83 градусам. Таким же способом, каким мы пользовались для Сатурна и Юпитера (пройдем молчанием множество числовых расчетов, их осложнения и скуку), мы, наконец, нашли, что и для Марса апогей находится на дуге *bc*. Действительно, он не может быть на дуге *ab*, как видно из того, что видимое движение больше среднего, а именно на 19 градусов 22 минуты. Так же он не может быть и на дуге *ca*, поскольку хотя дуга *ac* ⟨среднего движения⟩ 64
меньше ⟨видимого⟩, но на предшествующей дуге *bc* ⟨среднее⟩ движение более значительно превосходит видимое, чем на *ca*. Но, как было доказано выше, на эксцентре около апогея движение бывает не только более медленным, но еще и замедленным. Следовательно, мы вправе полагать, 65
что апогей находится на дуге *bc*; пусть он будеть в *f*, а диаметр круга, на котором также находится центр орбиты Земли, будет *fdg*.

Итак, мы нашли, что дуга *fcd* равна 125 градусам 29 минутам, откуда затем следует, что *bf* будет 66 градусов 18 минут, *fc* — 16 градусов 36 ми- 66
нут, а расстояние *de* между центрами составляет 1460 частей, каких в радиусе *df* имеется 10 000; полудиаметр эпицикла складывается из 500 таких же частей. При таких предположениях можно показать, что видимое и среднее движения согласуются друг с другом и вполне соответствуют наблюдениям.

Дополним чертеж, как и выше. Тогда можно будет показать, что, поскольку в треугольнике *ade* известны стороны *ad*, *de* вместе с углом *ade* между первым противостоянием Марса и перигеем, равнявшимся 54 градусам 31 минуте, угол *dae* получится равным 7 градусам 24 минутам, а последний *aed* — 118 градусам 5 минутам, и также третья сторона *ae* — 9229 частям. Но угол *dal* согласно предположению равен углу *fda*; значит, весь угол *eal* будет 132 градуса 53 минуты.

Также в треугольнике *eal* даны две стороны *ea*, *al*, заключающие известный угол *a*; значит, остающийся угол *ael* будет 2 градуса 12 минут, тогда остаток *led* — 115 градусов 53 минуты.

Подобно этому для второго противостояния покажем, что, поскольку в треугольнике *bde* две данные стороны *db*, *de* заключают угол *bde* — 113 67
градусов 35 минут, на основании доказанного относительно плоских треугольников угол *dbe* будет равен 7 градусам 11 минутам и последний *deb* — 59 градусам 13 минутам, основание же *be* будет равно 10 668 частям, каких в *db* содержится 10 000, а в *bm* — 500, и, наконец, весь угол *ebm* составит 73 градуса 36 минут.

Также в треугольнике *ebm*, в котором две заданные стороны заключают заданный угол, покажем, что угол *bem* равен 2 градусам 36 минутам, откуда для *dem* остается 56 градусов 38 минут; наконец, остающийся внеш- 68

ний угол от перигея *meg* будет 123 градуса 22 минуты. Но уже было показано, что угол *led* равнялся 115 градусам 53 минутам; следующий за ним внешний угол *leg* будет 64 градуса 7 минут. Он вместе с уже определенным углом *gem* дает после сложения 187 градусов 29 минут, если считать 360 градусов за четыре прямых. Это совпадает с видимым расстоянием от первого противостояния до второго.

Таким же способом можно доказать и для третьего противостояния. Действительно, можно показать, что угол *dce* равен 2 градусам 6 минутам, а сторона *ec* — 11 407 частям, каких в *cd* будет 10 000. Итак, поскольку весь угол *ecn* равен 18 градусам 42 минутам и даны две стороны *ce*, *cn* треугольника *ecn*, то выяснится, что угол *cen* равен 50 минутам, которые вместе с *dce* составят 2 градуса 56 минут, на которые угол видимого движения *den* будет меньше среднего движения *fdc*. Таким образом, определится угол *den* — 13 градусов 40 минут, что почти совпадает с видимым движением, наблюденным между вторым и третьим противостояниями.

Поскольку планета Марс, как мы сказали, наблюдалась в этом месте на 133 градусах 20 минутах от головы Овна, а угол *fen* по доказанному равен приблизительно 13 градусам 40 минутам, то при обратном вычислении станет ясно, что место апогея эксцентра в этом последнем наблюдении было на 119 градусах 40 минутах сферы неподвижных звезд; во времена же Антонина Птолемей нашел его на 108 градусах 50 минутах. Вследствие этого к нашему времени апогей переместился в направлении последовательности знаков на десять и пять шестых градуса. Также расстояние между центрами мы нашли меньшим на 40 частей, каких в радиусе эксцентра дается 10 000, не потому, что ошиблись Птолемей или мы, а как очевидное доказательство того, что центр великого круга Земли приблизился к центру орбиты Марса, тогда как Солнце оставалось все это время неподвижным. Это приблизительно согласуется одно с другим, как ниже станет совершенно очевидно.

Начертим теперь около центра *e* годичную орбиту Земли с диаметром *ser*, параллельным *cd*, вследствие одинаковости вращений. Пусть в *r* находится средний апогей планеты, в *s* — перигей, в *t* — Земля; продолжение прямой *et*, направленной по лучу зрения к планете, пересечет *cd* в точке *x*. Планета будет видима по направлению *etx* на градусах долготы, которых, как было сказано, в последнем положении будет 133 градуса 20 минут. Также угол *dxe*, как было показано, равняется 2 градусам 56 ми-

нутам, ибо он представляет разность, на которую угол xdf больше xed, то есть угол среднего движения больше угла видимого. Но угол set равен накрест лежащему dxe; он представляет простаферез параллактического движения, после отнятия которого от полуокружности получаются 177 градусов 4 минуты, дающие среднюю параллактическую аномалию, отсчитываемую от апогея r среднего движения. Таким образом, здесь мы имеем доказанным, что в 1523 году от рождества Христова в восьмой день от мартовских календ за семь равноденственных часов до полудня планета Марс в своем среднем движении по долготе была на 136 градусах 16 минутах, средняя параллактическая ее аномалия равнялась 177 градусам 4 минутам, а верхняя апсида эксцентра находилась на 119 градусах 40 минутах, что и требовалось доказать.

Глава XVII

Подтверждение расчета движения Марса

Выше было показано, что в последнем из трех Птолемеевых наблюдений Марс был в среднем движении на $244^{1}/_{2}$ градуса, а параллактическая аномалия равнялась 171 градусу 26 минутам. Итак, в промежуточное время за вычетом полных оборотов прибавилось 5 градусов 38 минут. Но от второго года Антонина двенадцатого дня месяца эпифи, одиннадцатого у египтян, и девяти часов после полудня, то есть за три равноденственных часа до полуночи следующей ночи по Краковскому меридиану, до 1523 года христианской эры восьмого дня мартовских календ и семи часов до полудня прошло 1384 египетских года 251 день и 19 шестидесятых. На это время согласно изложенному вычислению приходится 5 градусов 38 минут параллактической аномалии и 648 полных оборотов Марса. Предположенное равномерное движение Солнца составляет $257^{1}/_{2}$ градуса. Если мы вычтем из них 5 градусов 38 минут параллактического движения, то останется 251 градус 52 минуты среднего движения Марса по долготе, что почти полностью согласуется с тем, что только что изложено. 69

Глава XVIII

Установление исходных точек для Марса

От начала христианской эры до второго года Антонина двенадцатого дня египетского месяца эпифи и трех часов до полуночи насчитывается 138 египетских лет 180 дней и 52 шестидесятые части. За это время параллактическое движение составляет 293 градуса 4 минуты, по отнятии которых от 171 градуса 26 минут последнего птолемеевского наблюдения

с заимствованием целого оборота остаются 238 градусов 22 минуты для
первого года христианского летоисчисления и полуночи перед январскими
календами. До этой поры от первой олимпиады прошло 775 египетских
лет $12^1/_2$ дня, в течение которых параллактическое движение составило
70 254 градуса 1 минуту. Если мы также отнимем их от 238 градусов 22 ми-
нут, заимствовав полный оборот, то для исходной точки первой олим-
пиады останется 344 градуса 21 минута. Подобным же образом, рассмат-
ривая движение в течение других промежутков времени, мы получим ис-
ходную точку эры Александра на 120 градусах 39 минутах, а эры Цеза-
ря — на 111 градусах 25 минутах.

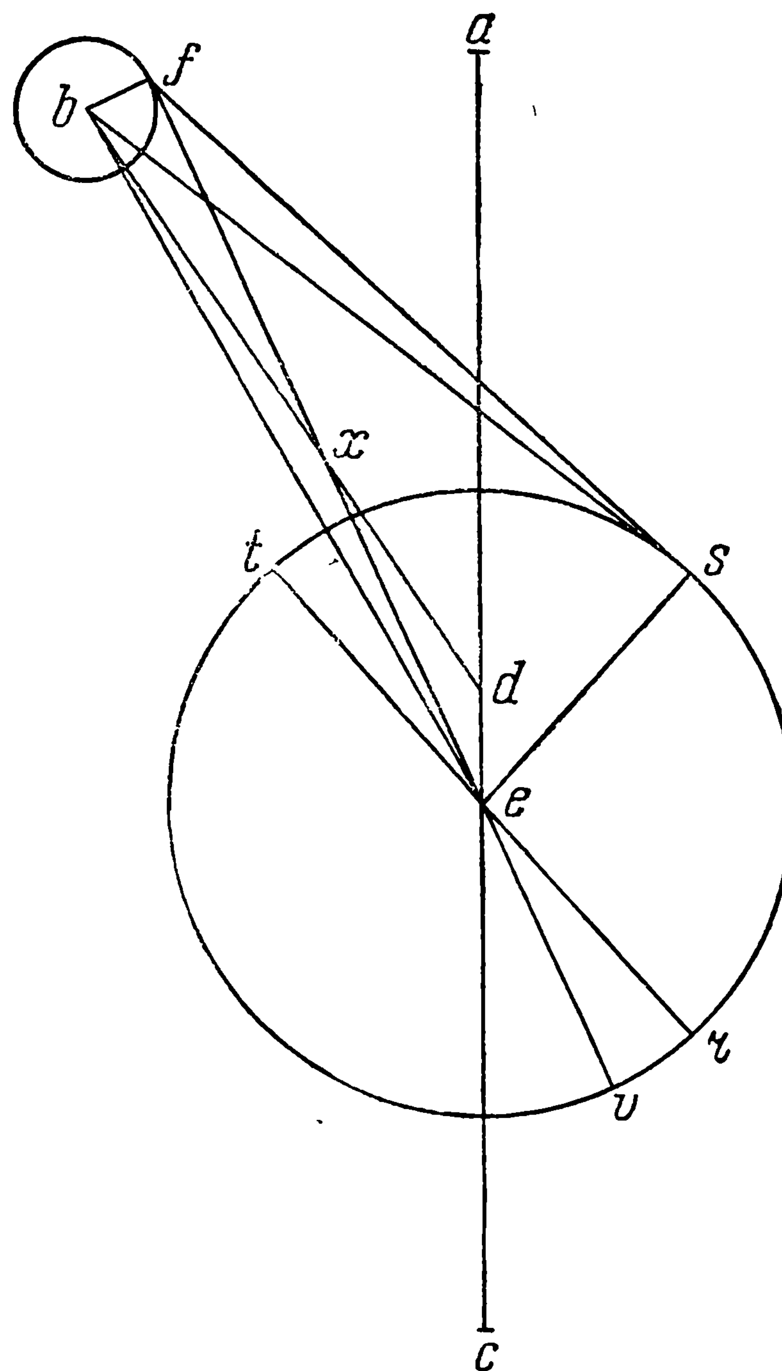
Глава XIX

О том, какова величина орбиты Марса, выраженная в частях, одной из которых является «радиус» годичной орбиты Земли

Кроме этого мы еще наблюдали соединение Марса с блестящей звездой,
71 первой в Клешнях, называемой южной Клешней, происшедшее в
1512 году от рождества Христова в самые январские календы. Рано утром
за шесть равноденственных часов до полудня этого дня мы видели, что
Марс отстоял от звезды на четверть градуса, уже отклонившись к точке,
где Солнце восходит во время солнцестояний. Это обозначало, что Марс
уже отошел от звезды по долготе в направлении последовательности зна-
ков зодиака на одну восьмую часть градуса, а по северной широте — на
пятую. Как известно, место упомянутой звезды находится на 191 градусе
20 минутах от первой звезды Овна с северной широтой, равной 40 мину-
там. Таким образом, ясно, что положение Марса было на 191 градусе
28 минутах с северной широтой 51 минута. Этому времени согласно вы-
72 числению соответствовала параллактическая аномалия 98 градусов 28 ми-
нут, среднее положение Солнца — на 262 градусах, а среднее положе-
73 ние Марса — на 163 градусах 42 минутах, аномалия эксцентра — 43 гра-
дуса 52 минуты.

При таких предположениях вычертим эксцентр *abc*; пусть центр его будет *d*, диаметр — *adc*, апогей — *a*, перигей — *c*, эксцентриситет *de* — 1460 частей, каких в *ad* имеется 10 000. Дается также дуга *ab*, равная 43 градусам 52 минутам. Взяв в *b* центр расстоянием *bf*, равным 500 частям, каких в *ad* будет 10 000, опишем эпицикл. Пусть угол *dbf* равняется *adb*. Проведем соединительные прямые *bd*, *be*, *bf*, *fe*. Затем около центра *e* опишем великий круг Земли *rst* с диаметром *ret*, параллельным *bd*; пусть на нем *r* будет апогей, а *t* — перигей среднего параллактического движения планеты. Пусть в *s* находится Земля, а дуга *rs* будет средней парал-

лактической аномалией, равной согласно вычислению 98 градусам 28 минутам; также продолжим fe по прямой линии fev, пересекающей bd в точке x, а выпуклую часть окружности земной орбиты в v, где будет истинный апогей параллактического движения.



Итак, в треугольнике bde даны две стороны: de — 1460 частей, каких в bd содержится 10 000, заключающие данный угол bde — 136 градусов 8 минут, являющийся внутренним по отношению к заданному углу abd — 43 градуса 52 минуты. Из этого можно вывести, что третья сторона be имеет 11 097 таких же частей, а угол dbe равен 5 градусам 13 минутам. Но согласно предположению угол dbf равен углу abd; тогда весь угол ebf будет 49 градусов 5 минут; он заключается между данными сторонами eb, bf. На основании этого получим угол bef, равный двум градусам, и последнюю сторону fe, составляющую 10 776 частей, каких в db будет 10 000. Таким образом, угол dxe равен 7 градусам 13 минутам; он равняется вместе взятым внутренним и противоположным углам xbe и xeb. Это будет вычитаемый простаферез, на который угол adb больше угла xed, и среднее положение Марса разнится от истинного. Но среднее положение согласно вычислению равнялось 163 градусам 32 минутам; следовательно, истинное, предшествуя ему, будет на 156 градусах 19 минутах. Для наблюдателей, смотрящих на него из s, Марс был виден на 191 градусе 28 минутах; тогда его параллакс, или смещение, будет 35 градусов 9 минут по направлению последовательности знаков зодиака.

Итак, определен угол efs — 35 градусов 9 минут. Но так как rt параллельна bd, то угол dxe равен rev и дуга rv тоже равняется 7 градусам 13 минутам. Таким образом, вся дуга vrs равна 105 градусам 41 минуте — аномалии уравненного параллактического движения, чем определяется угол ves, внешний по отношению к треугольнику fes. Отсюда будет известным внутренний и противоположный угол fse — 70 градусов 32 минуты и все углы, выраженные в градусах, 180 которых составляют два прямых. Но в треугольнике с данными углами дано и отношение сторон; следователь-

но, длина fe равняется 9428 частям, а es — 5757, каких в диаметре круга,
74 описанного около треугольника, будет 10 000. Итак, если ef равнялась бы 10 776 частям, то es была бы приблизительно равной 6580 частям, каких в bd будет 10 000, что лишь немного отличается от значения, найденного Птолемеем, и почти такое же. Но вся ade равна 11 460 таким же частям, а остаток ec — 8540. И те 500 частей, которые уносит эпицикл в a — верхней апсиде эксцентра, он отдает в нижней, так что для верхней апсиды получится 10 960 частей, а для нижней — 9040. Поскольку половина диаметра земной орбиты была принята за одну часть, то в апогее Марса наибольшее расстояние будет одна часть 39 первых и 57 вторых шестидесятых, в нижней апсиде — одна часть 22 первых 26 вторых шестидесятых, в среднем же — одна часть 31 первых 11 вторых шестидесятых. Таким образом, движение, величины и расстояния Марса на основании движения Земли вычислены совершенно точно.

Глава XX

О планете Венере

После того как мы изложили движения трех верхних планет — Сатурна, Юпитера и Марса, обходящих Землю, теперь предстоит говорить о тех, которые обходит сама Земля. И прежде всего о Венере, которая допускает для своего движения более простое и очевидное объяснение, чем Меркурий, если бы только не было недостатка в необходимых наблюдениях некоторых ее положений. Если бы наибольшие ее расстояния в ту и другую сторону от среднего положения Солнца, а именно утреннее и вечернее, оказались равными друг другу, то мы могли бы быть уверенными в том, что посередине двух таких положений Солнца находится верхняя или нижняя апсида эксцентрического круга Венеры. Различие между апсидами можно установить из того, что эти одинаковые отклонения будут меньше вблизи апогея и больше в противоположной точке. В других же положениях Венеры по разностям этих отклонений, насколько одно превышает другое, мы можем судить о расстоянии диска Венеры от верхней или нижней апсиды. Также без всяких сомнений определится ее эксцентриситет, как это в высшей степени ясно изложено у Птолемея, так что нам можно было бы и не повторять этого подробно, если бы не требовалось при помощи тех же самых наблюдений Птолемея получить это из нашей гипотезы о подвижности Земли.

75 Первое из них он получил от математика Теона Александрийского; оно, как говорит он, было сделано в шестнадцатом году Адриана в 21-й день месяца фармути в первом часу следующей ночи; это было в 132 году после рождества Христова в вечерние сумерки в восьмой день до мартов-

ских ид; Венера наблюдалась в наибольшем вечернем расстоянии от среднего положения Солнца, равном 47 градусам с четвертью, в то время как само среднее положение Солнца согласно вычислению было на 337 градусах 41 минуте сферы неподвижных звезд. С этим он сравнил другое свое наблюдение, которое, по его словам, он имел в четвертом году Антонина в самом начале 12 дня месяца Тот, то есть в 142 году после рождества Христова на рассвете 3-го дня до августовских календ; в этом наблюдении, как говорит он, наибольший предел отклонения утренней Венеры был 47 градусов 15 минут (что одинаково с первым наблюдением) от среднего положения Солнца, которое было на 119 градусах сферы неподвижных звезд, в то время как в первом наблюдении оно было на 337 градусах 41 минуте.

Очевидно, что между обоими этими средними положениями находятся посередине с прямо противоположных сторон обе апсиды на 48 и 228 градусах с третями. Если мы добавим к обеим по 6 градусов две трети на предварение равноденствий, то соответствующие положения попадут на 25-е градусы Тельца и Скорпиона; на них, по мнению Птолемея, должны находиться диаметрально противоположные верхняя и нижняя апсиды Венеры.

Затем для большего подкрепления этого он берет еще другое наблюдение Теона, относящееся к 4 году Адриана на рассвете двадцатого дня месяца атира (это было в 119 год от рождества Христова утром в четвертый день до октябрьских ид). Венера снова наблюдалась на наибольшем расстоянии — 47 градусов 32 минуты от среднего положения Солнца, которое было на 191 градусе 13 минутах. С ним он соединил свое наблюдение в 21 году Адриана (это был 136 год от рождества Христова) в девятый день египетского месяца мехира, а по римскому счету в восьмой день до январских календ в первом часу следующей ночи, когда опять вечернее отклонение оказалось равным 47 градусам 32 минутам от среднего положения Солнца на 265 градусах. В предыдущем наблюдении Теона среднее положение Солнца было на 191 градусе 13 минутах. Середины между этими положениями опять попадают на 48 градусов 20 минут и 228 градусов 20 минут, в которых и должны быть апогей и перигей. По отношению к равноденствиям это будут 25-е градусы Тельца и Скорпиона; в дальнейшем он различил их при помощи еще двух следующих наблюдений.

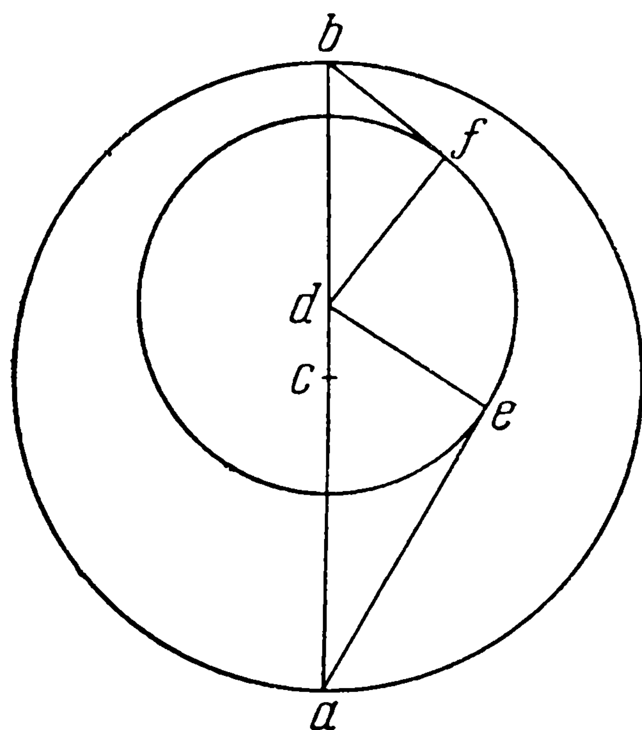
Одно из них было сделано Теоном в 13 году Адриана в третий день месяца эпифи (по христианскому исчислению это был 129 год на рассвете двенадцатого дня до июньских календ); в нем крайнее отклонение утренней Венеры было найдено равным 44 градусам 48 минутам, в то время как Солнце в среднем движении было на 48 градусах с пятью шестыми, а видимое положение Венеры на 4 градусах сферы неподвижных звезд. Второе получил сам Птолемей в 21 году Адриана во второй день египетского месяца тиби, а по римскому счету в 136 году от рождества Христова

в пятый день до январских календ в первом часу следующей ночи. Солнце находилось в среднем движении на 228 градусах 54 минутах, и наибольшее расстояние от него вечерней Венеры было 47 градусов 16 минут; сама она была видна на 276 градусах с одной шестой. При помощи этой пары наблюдений было произведено различение обеих апсид, а именно верхняя оказалась на 48 градусах с третью, где элонгации Венеры являются более короткими, а нижняя — на 228 градусах с третью, где они большие, что и требовалось доказать.

Глава XXI

О том, каково отношение диаметров орбит Венеры и Земли

Далее, из этих же наблюдений можно установить отношение диаметров орбит Земли и Венеры. Построим земную орбиту *ab* с центром *c*; проведем через обе апсиды ее диаметр *acb* и на нем возьмем в *d* центр орбиты Венеры, эксцентрической по отношению к кругу *ab*. Пусть *a* будет место апогея; при нахождении в нем Земли центр орбиты Венеры будет находиться в наибольшем расстоянии, линия *ab* будет линией среднего положения Солнца, идущей к 48 градусам с третью, в точке *b* эта линия пойдет к 228 градусам с третью. Проведем также прямые линии *ae* и *bf*, касающиеся орбиты Венеры в точках *e* и *f*, и соединительные прямые *de* и *df*. Так как угол *dae* у центра круга стяги-
76 вает дугу в 44 и четыре пятых градуса, а угол *aed* прямой, то треугольник *dae* является треугольником с заданными углами, а следовательно, и сторонами, а именно *de*, как половина хорды, стягивающей удвоенный угол *dae*, будет равна 7046 частям, каких в *ad* имеется 10 000.

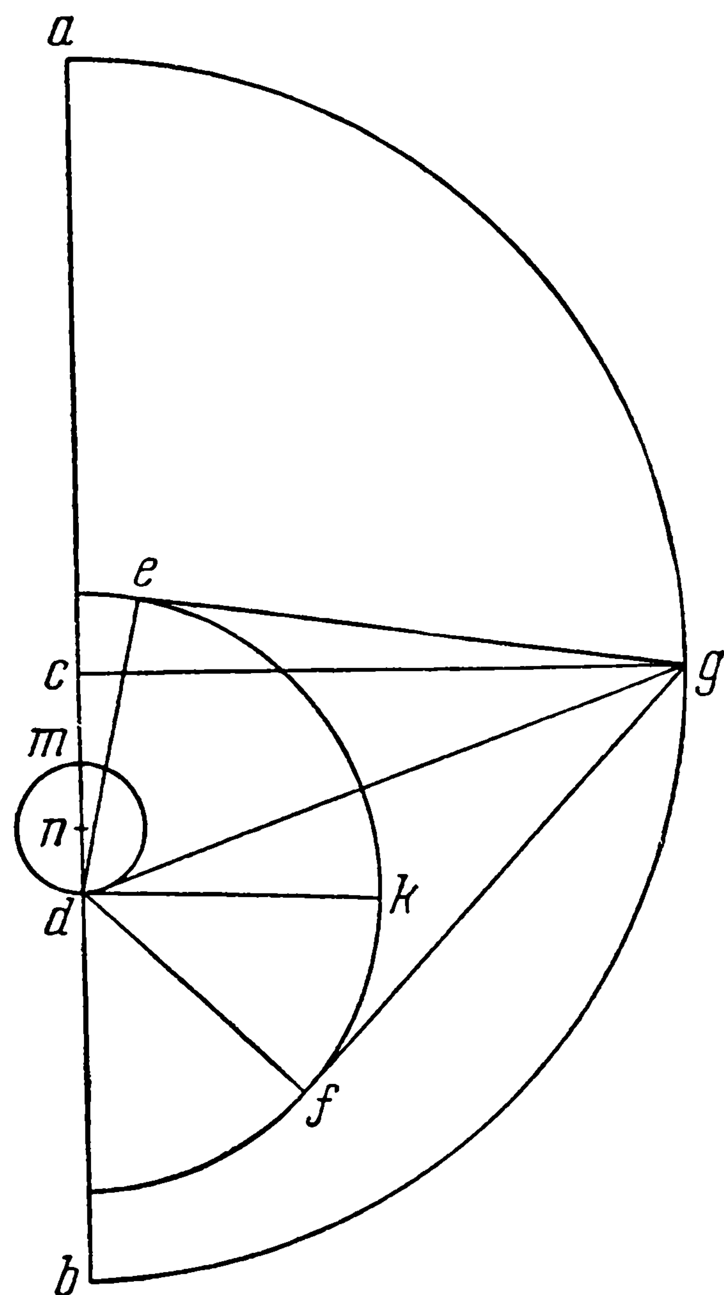


Также в прямоугольном треугольнике *bdf* дан угол *dbf*, равный 47 градусам с третью; тогда хорда *df* будет равна 7346 частям, каких в *bd* имеется 10 000. Следовательно, если *df*, равная *de*, составляет 7046, то в *bd* таких частей будет 9582. Отсюда вся *acb* равна 19 582 частям, а ее половина *ac* — 9791 и остаток *cd* — 209. Поэтому если *ac* представляет одну часть, то *de* будет 43 шестидесятых и одна шестая шестидесятой, а *cd* — приблизительно одна шестидесятая с четвертью, и если в *ac* имеется 10 000 частей, то в *de* или *df* таких частей будет 7193, а в *cd* приблизи-
77 тельно 213, что и требовалось доказать.

Глава XXII

О двойственном движении Венеры

Однако вокруг точки *d* движение Венеры не будет простым равномерным, как можно видеть главным образом на основании двух наблюдений Птолемея. Одно из них он имел в восемнадцатом году Адриана во второй 78
день египетского месяца фармути; по римскому счету это был 134 год после рождения Христова на рассвете двенадцатого дня до мартовских календ. Тогда при нахождении Солнца в среднем движении на 318 градусах и пяти шестых Венера, видимая утром на 275 с четвертью градусах зодиака, достигла наибольшего предела своего отклонения 43 градуса 35 минут. Второе он получил в третьем году Антонина в том же месяце фармути в четвертый его день по египетскому счету, что у римлян приходилось на 140 год от рождества Христова в вечерних сумерках двенадцатого дня до мартовских календ. Тогда среднее положение Солнца было тоже на 318 градусах и пяти шестых, а Венера в наибольшем своем вечернем отклонении от Солнца, равном 48 градусам с третью, наблюдалась на 7 и пяти шестых градуса долготы.



Установив это, возьмем на той же земной орбите точку *g*, в которой будет находиться Земля; пусть *ag* представляет четверть окружности, на которую Солнце с противоположных сторон в обоих наблюдениях казалось в своем среднем движении, предшествующим апогею эксцентра Венеры. Проведем соединитель- 79
ную прямую *gc* и параллельную ей *dk*, а также касательные *ge*, *gf* к орбите Венеры и соединительные прямые *de*, *df*, *dg*. Так как угол *egc* утренней элонгации в первом наблюдении составлял 43 градуса 35 минут, а во втором вечернем угол *cgf* — 48 градусов с третью, то оба вместе они дадут угол *egf*, равный 91 и одиннадцати двенадцатым одного градуса. Поэтому его половина *dgf* будет 45 градусов $57^1/_2$ минуты, а остаток угол *cdg* — два градуса 23 минуты. Но угол *dcg* прямой; значит, в треугольнике *cgd* с данными углами известно отношение сторон, и длина *cd* составит 416 частей, каких в *cg* будет

10 000. Выше было показано, что расстояние между центрами составляет 208 таких частей; значит, оно оказалось уже почти что в два раза больше. Тогда если мы разделим cd пополам в точке m, то dm тоже окажется рав-
80 ной 208 — всей разнице этого приближения и удаления. Если мы снова рассечем cd пополам в n, то последняя точка и будет представлять центр
81 равномерности этого движения.

Поэтому, как и для трех верхних планет, оказывается, что и движение Венеры составляется из двух равномерных, совершается ли это при помощи эксцентра и эпицикла, как здесь, или при помощи какого-нибудь другого из упомянутых выше способов. Однако эта планета несколько отличается от верхних в отношении порядка и соразмерности движений, и, как я полагаю, движение ее может быть легче и удобнее объяснено при помощи двух эксцентров. Таким образом, вокруг центра n расстоянием dn опишем маленький круг, по которому обходит и колеблется орбита Венеры, следуя такому закону, что когда Земля попадает на диаметр acb, на котором находятся верхняя и нижняя апсиды эксцентра, то центр планетной орбиты будет всегда на наименьшем расстоянии, то есть в точке m, в средней же дуге, когда Земля будет в g, центр орбиты переходит в точку d на наибольшее расстояние cd. Этим дается понять, что в то время, когда Земля один раз обходит свою орбиту, центр орбиты планеты совершает двукратное обращение вокруг центра в ту же сторону, что и Земля, то есть в направлении последовательности знаков зодиака. При помощи такой гипотезы относительно Венеры среднее и видимое движения ее вполне согласуются со всеми взятыми наблюдениями, как это сейчас выяснится.

Все то, что до сих пор было показано относительно Венеры, соответствует также и нашему времени, но только эксцентриситет уменьшился приблизительно на шестую часть, так что, если ранее весь он составлял
82 416 частей, теперь только 350, как указывают нам многие наблюдения.

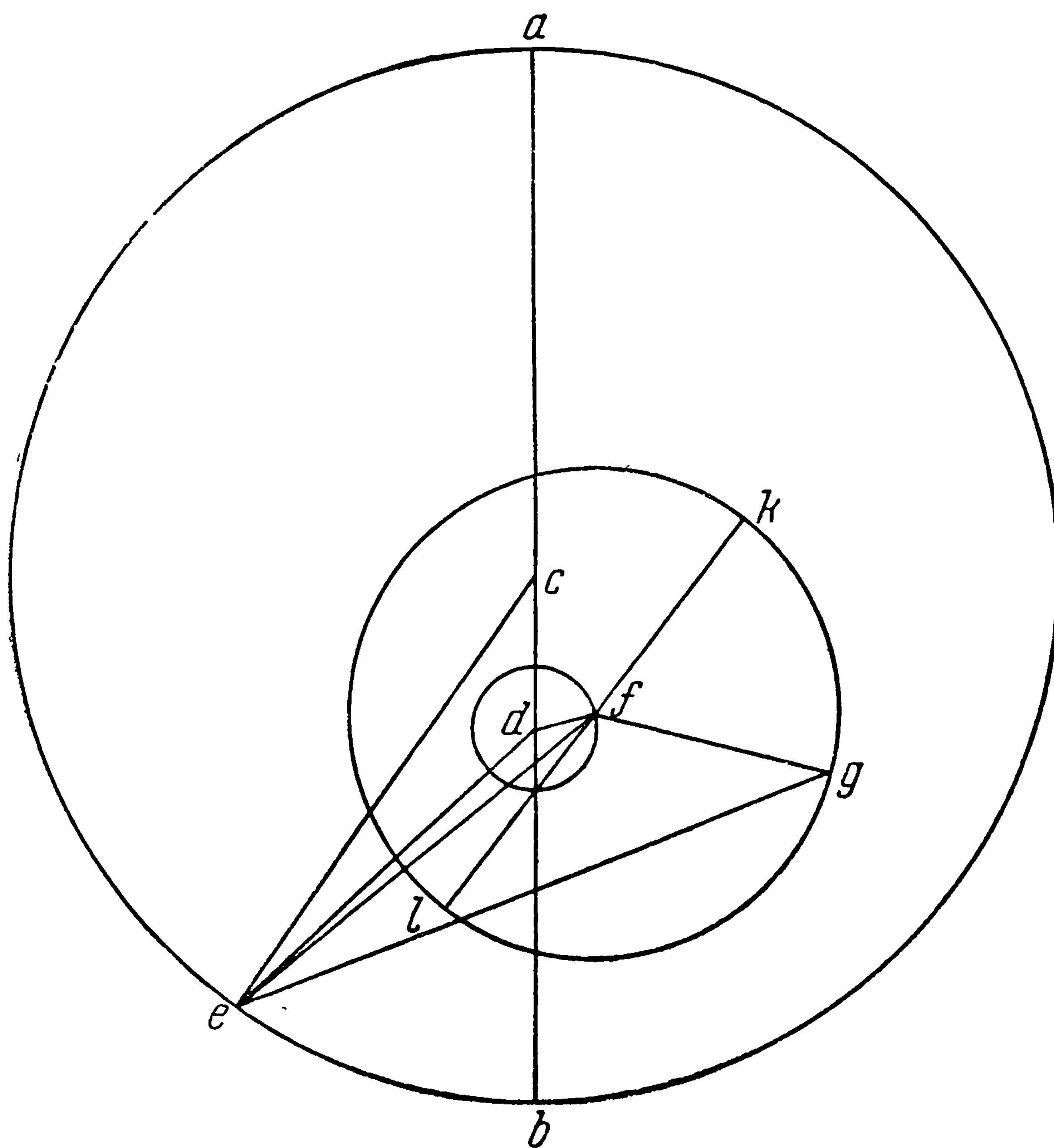
Глава XXIII

83 **Об исследовании движения Венеры**

Из этих наблюдений мы взяли два определенных со всей тщательностью положения; одно из них было сделано Тимохаром в тринадцатом году Птолемея Филадельфа, или в 52 году от смерти Александра на рассвете восемнадцатого дня египетского месяца месори. В этом наблюдении указывается, что Венера была видна покрывавшей неподвижную звезду — переднюю из четырех находящихся в левом крыле Девы (в описании этого созвездия она шестая), долгота которой равняется $151^1/_2$ градуса, северная широта — одному градусу с шестой частью; сама звезда — тре-

тьей величины. Таким образом, положение Венеры было вполне определенным, среднее положение Солнца согласно вычислению соответствовало 194 градусам 23 минутам.

На основании этих данных в начерченной фигуре, где точка *a* находит- 84
ся на 48 градусах 20 минутах, дуга *ae* равняется 146 градусам 3 минутам, а ее дополнение до полуокружности *be* — 33 градусам 57 минутам и угол *ceg* расстояния планеты от среднего положения Солнца равен 42 градусам



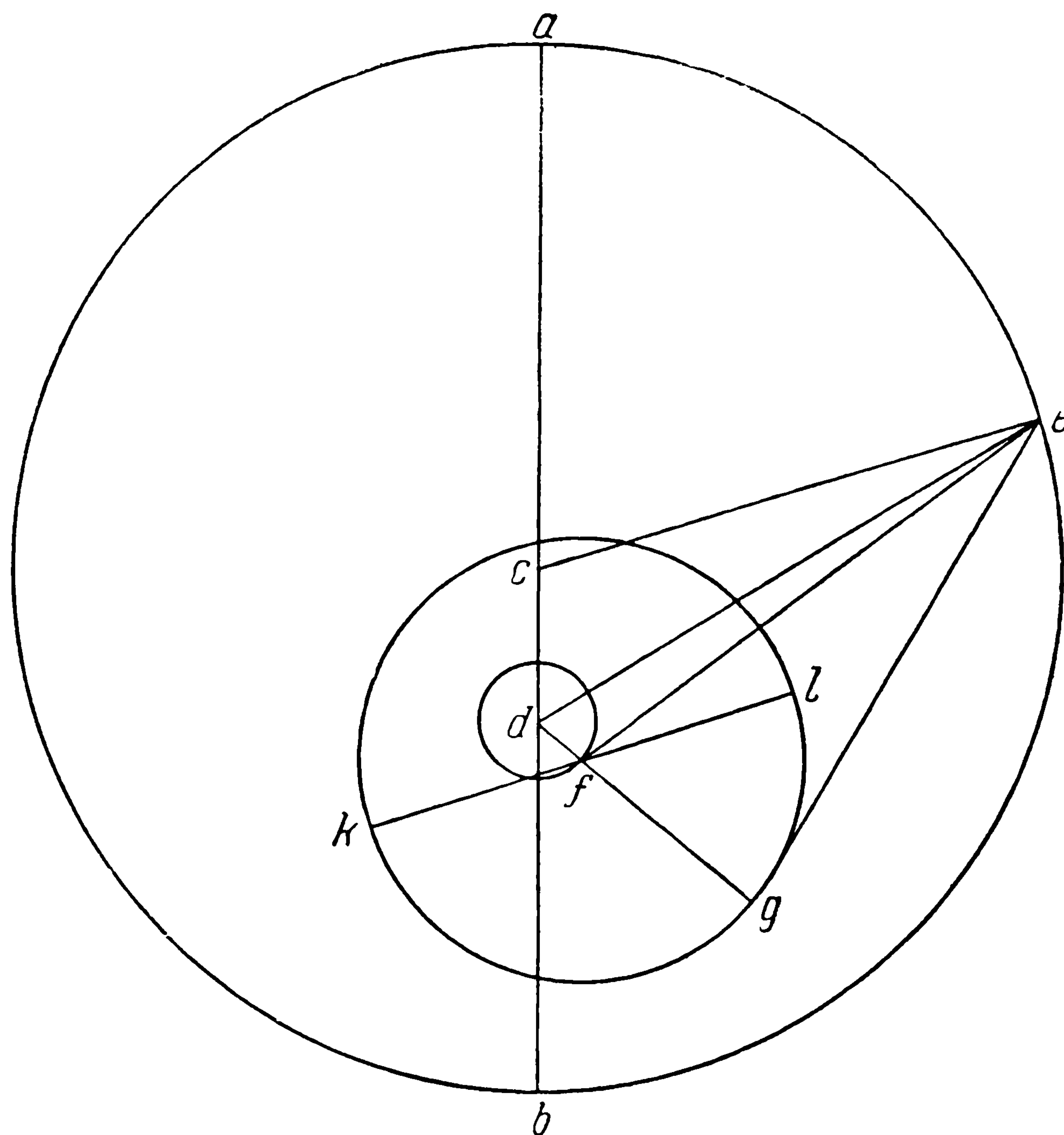
53 минутам. Так как линия *cd* равна 312 частям, 10 000 которых составляют *ce*, и угол *bce* — 33 градусам 57 минутам, то все остальное в треугольнике *cde* будет: угол *ced* — один градус 1 минута и третья сторона *de* — 9743. Но угол *cdf*, вдвое больший *bce*, равен 67 градусам 54 минутам; дополнение его до полуокружности — угол *bdf* будет 112 градусов 6 минут, а угол *bde*, внешний для треугольника *cde*, равен 34 градусам 58 ми-
нутам, откуда определяется весь угол *edf* — 144 градуса 4 минуты. Сто- 85
рона *df* дается равной 104 частям, каких в *de* будет 9743; тогда в тре-
угольнике *def* угол *def* будет равен 20 минутам и весь *cef* — одному гра- 86
дусу 21 минуте, а сторона *ef*—9831 частям. Но уже было видно, что весь угол *ceg* равнялся 42 градусам 53 минутам; следовательно, его остаток

feg равняется 41 градусу 32 минутам, а радиус *fg* орбиты содержит 7193
такие части, каких в *ef* будет 9831. Таким образом, в треугольнике *efg*
по данному отношению сторон и углу *feg* определятся остальные углы
и *efg* будет равняться 72 градусам 5 минутам; после прибавления к ним
полуокружности получатся 252 градуса 5 минут, соответствующие дуге
klg от верхней апсиды орбиты. Так, мы имеем доказанным, что в 13 году
Птолемея Филадельфа на рассвете 18-го дня месяца месори параллакти-
ческая аномалия Венеры равнялась 252 градусам 5 минутам.

Второе положение Венеры мы наблюдали сами в 1529 году после рож-
87 дества Христова в четвертый день до мартовских ид через час после за-
хода Солнца и в начале восьмого часа после полудня. Мы видели, как
Луна начала покрывать Венеру своей темной частью посередине расстоя-
ния между обоими рогами, и это покрытие продолжалось до конца этого
часа или немножко более, пока планета не была замечена выходящей
с другой стороны посередине выпуклости рогов по направлению к запа-
ду. Таким образом, ясно, что в середине этого часа или около того проис-
ходило соединение центров Луны и Венеры, и это зрелище представилось
нам во Фрауенбурге. Венера была еще в вечернем увеличении расстояния
88 и по эту сторону от точки касания с орбитой. Итак, от рождества Хри-
стова прошло 1529 египетских лет 87 дней $7^1/_2$ часа по видимому време-
ни, по уравненному — 7 часов 34 минуты, и среднее положение Солнца
89 в простом движении дошло до 332 градусов 11 минут, прецессия равно-
денствий — 27 градусов 24 минуты; среднее движение Луны от Солнца—
33 градуса 57 минут, средняя аномалия — 205 градусов 1 минута, аргу-
мент широты — 71 градус 59 минут. На основании этого было вычисле-
но истинное положение Луны на 10 градусах, или, считая от равноденст-
вия, на 7 градусах 24 минутах Тельца с северной широтой один градус
13 минут. И так как восходил 15-й градус Весов, то вследствие этого
параллакс Луны по долготе был 48 минут, а по широте 32, и, значит, ви-
димое ее место было на 6 градусах 26 минутах Тельца, на сфере же не-
подвижных звезд долгота равнялась 9 градусам 11 минутам с северной
широтой 41 минута. Таким же было и видимое положение вечерней Ве-
неры, отстоящей от среднего положения Солнца на 37 градусов 1 минуту,
а расстояние Земли до верхней апсиды Венеры было 76 градусов 9 минут,
90 причем Земля предшествовала этой апсиде.

Теперь повторим предшествующий чертеж с предварительными пост-
роениями, но только теперь дуга *ea* или угол *eca* будет 76 градусов 9 ми-
нут и вдвое его больший угол *cdf* — 152 градуса 18 минут, эксцентриси-
91 тет *cd* для настоящего времени будет 246, а *df* — 104 части, каких в *ce*
имеется 10 000. Таким образом, в треугольнике *cde* имеем данным допол-
няющий угол *dce*, равный 103 градусам 51 минуте и заключающийся меж-
ду данными сторонами, откуда определяются угол *ced* — один градус
15 минут, третья сторона *de* — 10 056 частей и последний угол *cde* —

74 градуса 54 минуты. Но угол *cdf*, вдвое больший *ace*, будет 152 градуса 18 минут. Если от них я отниму угол *cde*, то останется *edf* — 77 градусов 24 минуты. Далее, в треугольнике *def* — две стороны: *df* — 104 части 92
и *de* — 10 056 таких же частей — заключают данный угол *edf*; будут даны также угол *def* — 35 минут и последняя сторона *ef* — 10 034; отсюда



весь угол *cef* будет один градус 50 минут. Затем, так как весь угол *ceg* равняется 37 градусам одной минуте и представляет видимое расстояние планеты от среднего положения Солнца, то после отнятия от него угла *cef* в остатке получится *feg* — 35 градусов 11 минут.

Также в треугольнике *efg* с заданным углом *e* даны обе стороны; *ef* — 10 034 части и *fg* — 7193 такие же части. Отсюда получаются вычислением и остальные углы *egf*— $53^1/_2$ градуса и *efg* — 91 градус 19 минут, на сколько планета отстояла от истинного перигея своей орбиты. Но так как 93
диаметр *kfl* был проведен параллельно *ce* и *k* является апогеем среднего движения, а *l* — перигеем, то после вычитания угла *efl*, равного *cef*, в остатке получится угол *lfg* и дуга *lg* в 89 градусов 29 минут, а дополнение *kg* до полуокружности — 90 градусов 31 минута — будет параллак-

тической аномалией планеты, измеренной от среднего положения верхней апсиды ее орбиты; ее мы искали для этого часа нашего наблюдения.

Но в наблюдении Тимохара она была 252 градуса 5 минут; таким образом, в промежуточное время кроме 1115 полных оборотов получилось 198 градусов 26 минут. Время от рассвета 18-го дня месяца месори 13 года Птолемея Филадельфа до $7^1/_2$ часа после полудня четвертого дня до мартовских ид 1529 года христианской эры составляет 1800 египетских лет 236 дней и приблизительно 40 шестидесятых. Если полученное движение 1115 полных оборотов 198 градусов 26 минут умножим на 365 дней и произведение разделим на 1800 лет 236 дней 40 шестидесятых, то получим годовое движение 3 шестидесятки 45 градусов 1 минуту 45 секунд 3 терции 40 кварт. Если мы это распределим на 365 дней, то получим дневное движение 36 минут 59 секунд 28 терций, на основании чего и была составлена приведенная выше таблица.

Глава XXIV

95
Об исходных точках аномалии Венеры

От первой олимпиады до рассвета 18-го дня месяца месори 13 года Птолемея Филадельфа прошло 503 египетских года 228 дней и 40 шестидесятых, для которых движение согласно вычислению будет 290 градусов 39 минут. Если их после прибавления одного оборота отнять от 252 градусов 5 минут, то останется 321 градус 26 минут в качестве исходной точки для первой олимпиады; от нее согласно отношениям движения и времени вычисляются исходные точки и для остальных часто упоминавшихся эр: Александра — 81 градус 52 минуты, Цезаря — 70 градусов 26 минут, христианской — 126 градусов 45 минут.

Глава XXV

О Меркурии

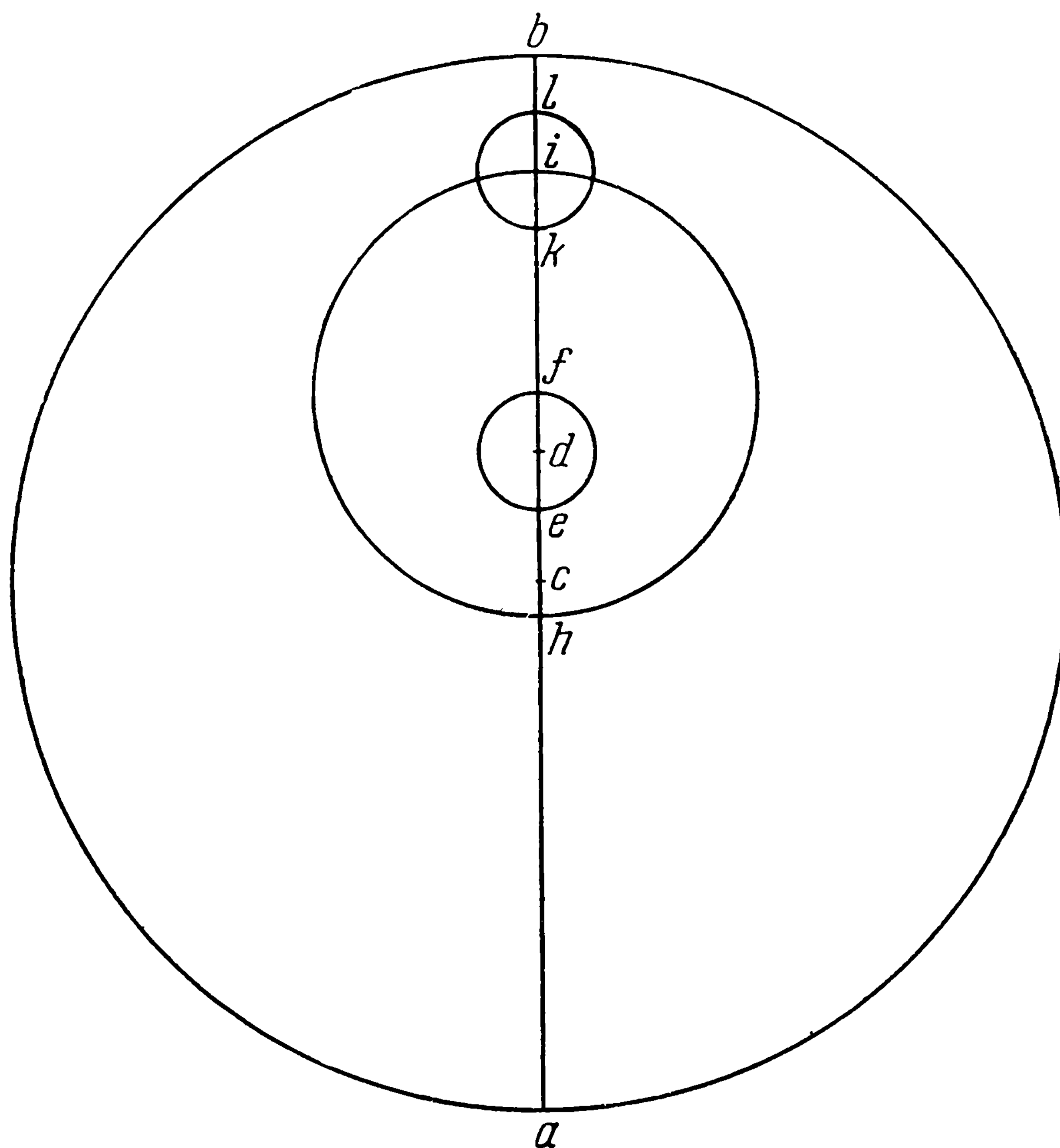
Мы показали, как движение Венеры можно связать с движением Земли и под каким отношением различных кругов скрыта равномерность ее движения; остается Меркурий, который, вне сомнения, подчинится тому же принятому принципу, хотя он и делает в своем блуждании большее число разных обращений, чем Венера или любая другая из названных планет. Из опыта древних наблюдателей известно, что в знаке Весов Меркурий совершает наименьшие отклонения от Солнца, а в прямо противоположном наибольшие, как и подобает. Однако наибольшие отклонения полу-

чаются не только в этом месте, но и в некоторых иных по обе его стороны, а именно в Близнецах и Водолее, в частности, во время Антонина, как говорит Птолемей, чего не происходит ни с какой другой планетой. Вследствие этого древние математики, верившие в неподвижность Земли и в движение Меркурия по большому своему эпициклу на эксцентре, заметив, что один простой эксцентр не может удовлетворительно объяснить эти явления (даже при предположении, что этот эксцентр будет двигаться не около своего, а около чужого центра), принуждены были, кроме того, допустить, что этот эксцентр движется по некоторому другому небольшому кругу, неся эпицикл, как они допускали относительно лунного эксцентра. Таким образом, при наличии трех центров, а именно эксцентра, несущего эпицикл, во-вторых, небольшого круга и, в-третьих, круга, который более поздние называют эквантом, они, оставив два первых круга, допустили, что эпицикл равномерно движется только вокруг центра экванта, что в высшей степени будет чуждым и истинному центру, и характеру его движения, и ранее существовавшим центрам двух других кругов. Они держались мнения, что никаким другим способом нельзя удовлетворительно представить видимое движение этой планеты, как пространно излагается в Птолемеевом «Построении».

Но чтобы и эту последнюю планету избавить от несправедливости хулителей и случайностей и чтобы раскрыть ее равномерность при помощи движения Земли, как и для других предшествующих планет, мы придадим его эксцентру еще один эксцентр вместо эпицикла, который предполагала древность, но только несколько иначе, чем у Венеры; кроме того,
пусть по этому эксцентру будет двигаться еще некоторый эпицикл ⟨по 96
которому будет перемещаться планета, но не по окружности, а вверх и вниз по диаметру, что также может быть получено при помощи сложения равномерных круговых движений, как было изложено выше относительно предварения равноденствий. И это не удивительно, так как и Прокл в комментарии к «Началам» Евклида признает, что прямую линию можно описать несколькими движениями⟩; все эти допущения позволят нам объяснить видимые движения Меркурия.

Однако, чтобы сделать нашу гипотезу более понятной, начертим великий земной круг ab с центром c и диаметром acb. Взяв на последнем между точками b, c центр d, опишем малый круг ef радиусом, равным третьей части cd, так, чтобы в f получалось наибольшее расстояние от c, а в e наименьшее. Около центра f опишем орбиту Меркурия hi, затем прибавим эпицикл, по которому будет двигаться планета, взяв центр его в верхней апсиде i. Тогда круг hi, будучи эксцентрическим по отношению к эксцентру, будет также эксцентром с эпициклом. Построив указанным способом фигуру, расположим все эти точки по порядку на прямой $ahcedfkilb$; пусть планета находится в k, то есть в наименьшем расстоянии от центра f, именно kf. Установив такое начальное положение обращений

Меркурия, представим себе, что центр f совершает два обращения, в то время как Земля делает одно и в ту же сторону, то есть по направлению последовательности знаков. Пусть то же самое делает и планета на kl,
97 ⟨но только по диаметру эпицикла вверх и вниз относительно центра орбиты hi⟩. Из этого следует, что, когда Земля находится в a или b, центр орбиты Меркурия будет в f — самой удаленной от c точке; когда же Земля



находится в промежуточных квадратурах, то центр будет в ближайшей точке e, и, следовательно, получится противоположное тому, что у Венеры.

При таком законе движения, когда Земля попадает на диаметр ab,
98 Меркурий, пробегая ⟨диаметр kl эпицикла⟩, будет находиться ближе всего к центру орбиты, несущей эпицикл, именно в точке k; если же Земля будет находиться в серединах дуг с обеих сторон, то планета придет в наиболее
99 удаленную точку l. ⟨Таким образом, центр орбиты по окружности малого круга ef и планета по диаметру lk будут совершать с удвоенной скоростью парные обращения, равные между собой и соизмеримые с годичным движением Земли. В это же время эпицикл, или линия fi⟩, пойдет своим собственным движением по орбите hi, причем центр его будет двигаться рав-

номерно и приблизительно в 88 дней совершать один простой оборот по
отношению к сфере неподвижных звезд. Но поскольку это движение со-
вершается быстрее движения Земли, которое мы называем параллакти-
ческим, то упомянутый центр будет возвращаться в то же самое положе-
ние через 116 дней, как это точнее можно будет получить из таблицы сред- 100
них движений. ⟨Отсюда следует, что Меркурий в собственном своем дви-
жении не будет описывать всегда одну и ту же окружность круга, но очень
сильно отличающиеся в зависимости от расстояния от центра орбиты,
а именно наименьшую при нахождении в точке k, наибольшую в l и сред-
нюю в i, приблизительно так же, как можно заметить у лунного эпицикла
на эпицикле. Но то движение, которое Луна имеет по окружности, Мер-
курий совершает взад и вперед по диаметру, однако и это движение скла-
дывается из равномерных; как это происходит, мы показали, говоря
о предварении равноденствий. Кое-что иное об этом и более подробно
мы приведем ниже, говоря о движении по широте⟩. И такая гипотеза
вполне удовлетворяет всем наблюдавшимся движениям Меркурия, кото-
рые можно найти в повествовании о наблюдениях Птолемея и других.

Глава XXVI

О положении верхней и нижней апсид Меркурия

Птолемей наблюдал Меркурий в первый год Антонина после захода 101
Солнца в двадцатый день месяца эпифи, когда планета вечером находилась в наибольшем расстоянии от среднего положения Солнца. В это самое время от начала христианской эры прошло 137 лет 188 дней и $42^{1}/_{2}$ шестидесятых дня для Кракова; вследствие этого среднее положение Солнца согласно нашему вычислению было на 63 градусах 50 минутах, а планета по инструментальным наблюдениям — на 7 градусах Рака (как говорит Птолемей). Но если мы вычтем предварение равноденствий, которое тогда равнялось 6 градусам 40 минутам, то место Меркурия окажется на 90 градусах 20 минутах от начала созвездия Овна на сфере неподвижных звезд и наибольшее удаление Меркурия от среднего положения Солнца будет $26^{1}/_{2}$ градуса.

Второе наблюдение он получил в четвертый год Антонина в девятнадцатый день месяца фаменот на рассвете, когда от начала христианской эры прошло 140 лет 67 дней и приблизительно 12 шестидесятых; среднее положение Солнца было на 303 градусах 19 минутах. Меркурий по наблюдениям с инструментом был виден на 13 с половиной градусах Козерога, а от неподвижной начальной точки Овна — на 276 градусах 49 минутах приблизительно; поэтому наибольшее утреннее расстояние было также $26^{1}/_{2}$ градуса. Так как предельные отклонения от среднего положения

Солнца в ту и другую сторону были одинаковыми, то необходимо, чтобы апсиды Меркурия находились с обеих сторон посередине между указан-
102 ными положениями, то есть между 63 градусами 50 минутами и 90 градусами 20 минутами. Это будут 3 градуса 34 минуты и 183 градуса 34 минуты для диаметрально противоположной точки; в этих пунктах необходимо должны находиться обе апсиды Меркурия — верхняя и нижняя; различие между ними устанавливается, как для Венеры, при помощи пары
103 наблюдений, первое из которых он имел в девятнадцатом году Адриана на рассвете пятнадцатого дня месяца атира, когда среднее положение Солнца было на 182 градусах 38 минутах. Наибольшее утреннее расстояние от него Меркурия было 19 градусов 3 минуты, так как видимое положение Меркурия было на 163 градусах 35 минутах. Второе было в том же самом девятнадцатом году Адриана (135-м от рождества Христова), при заходе Солнца в девятнадцатый день египетского месяца пахон Меркурий наблюдался при помощи инструмента на 27 градусах 43 минутах сферы неподвижных звезд, когда Солнце в среднем движении было на 4 градусах 28 минутах. Наибольшее вечернее расстояние планеты оказалось 23 градуса 15 минут и большим, чем предыдущее, откуда достаточно ясно, что в это время Меркурий мог быть в апогее только на 183 градусах с третью приблизительно, что следует отметить.

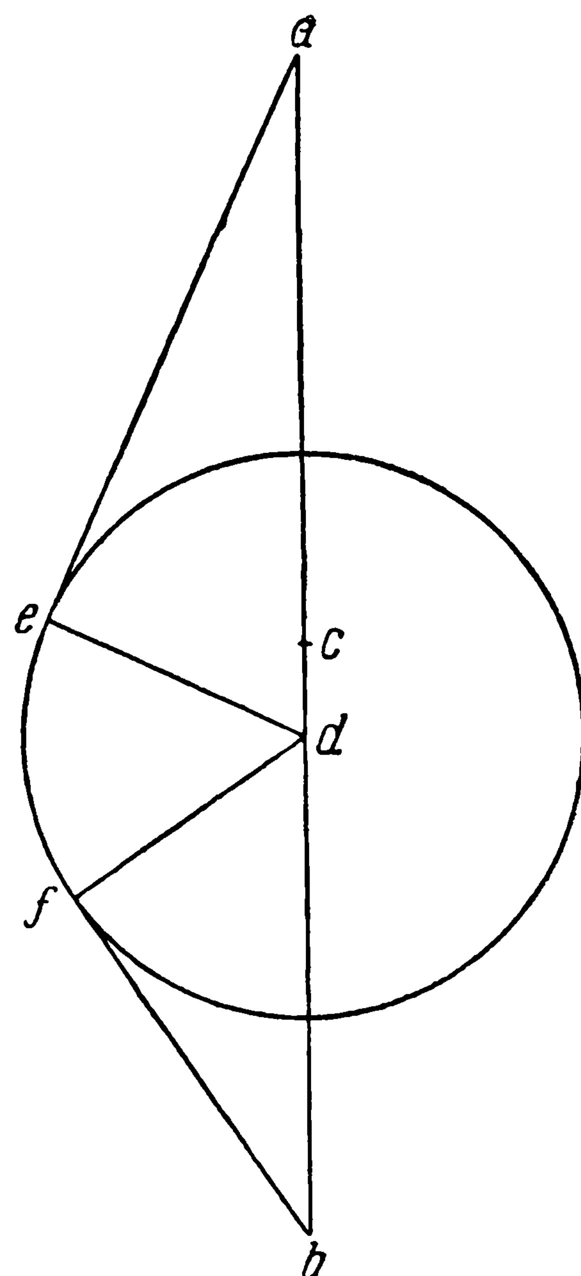
Глава XXVII

О том, каков эксцентриситет Меркурия и какова соразмерность его орбит

На основании этого определятся сразу и расстояние между центрами и величины орбит. Пусть прямая ab проходит через апсиды Меркурия — верхнюю a и нижнюю b; она будет и диаметром большого круга, центр которого в c; взяв центр d, опишем орбиту планеты. Проведем касательные линии ae, bf к орбите и соединительные прямые de, df. Так как в первом из двух предыдущих наблюдений наибольшее утреннее расстояние было 19 градусов 3 минуты, то поэтому угол cae равен 19 градусам 3 минутам. В другом наблюдении наибольшее вечернее расстояние оказалось равным 23 градусам с четвертью. Следовательно, в обоих прямоугольных треугольниках aed и bfd с данными углами будут известны отношения сторон. Если ad равна 100 000 частей, то в радиусе ed орбиты таких частей будет 32 639, и если в bd будет 100 000 частей, то в fd их окажется 39 474; если же взять части, каких в fd, равной ed (как радиусы круга), будет 32 639 и каких в ad содержится 100 000, то db будет равна 82 685 таким частям. Отсюда полудиаметр ac равен 91 342 частям, а остаток cd — расстояние между центрами — 8658 частям. Если же принять ac за одну

часть или 60 шестидесятых, то радиус орбиты Меркурия будет 21 первая и 26 вторых шестидесятых, а *cd* — 5 первых и 41 вторых шестидесятых. И если *ac* равняется 100 000, то в *df* таких частей будет 35 733, а в *cd* — 9479, что и требовалось показать.

Но эти численные значения не везде остаются одними и теми же и сильно отличаются от тех, которые имеют место около середин между апсидами, как показывают наблюденные для этих положений утренние и вечерние долготы, которые приводятся Теоном и Птолемеем. В самом деле, в 14 год Адриана в 18-й день месяца месори после захода Солнца Теон наблюдал вечернее предельное отклонение Меркурия; от рождества Христова прошло 129 лет 216 дней и 45 шестидесятых; среднее положение Солнца в то время было на $93^1/_2$ градуса, то есть посередине между апсидами Меркурия. При помощи инструмента планета наблюдалась предшествующей Регулу в созвездии Льва на трех и пяти шестых градуса, таким образом, ее положение было на 119 градусах с тремя четвертями и наибольшее вечернее расстояние ее равнялось 26 с четвертью градусам. 104



Другое предельное отклонение приводит Птолемей как наблюденное им самим во втором году Антонина в 21-й день месяца месори на рассвете; к этому времени прошло от начала христианской эры 138 лет 219 дней и 12 шестидесятых; среднее положение Солнца было тогда на 93 градусах 39 минутах; наибольшее утреннее расстояние Меркурия от него он нашел равным 20 градусам с четвертью; он действительно наблюдался на 73 градусах и двух пятых сферы неподвижных звезд. 105

Итак, начертим снова диаметр *acdb* великого круга Земли, проходящий через апсиды Меркурия, как и выше, и из точки *c* проведем под прямыми углами линию среднего положения Солнца; пусть она будет *ce*. Между *c* и *d* возьмем точку *f*, около которой опишем орбиту Меркурия (пусть прямые линии *eh*, *eg* будут касаться этой орбиты), и проведем соединительные линии *fg*, *fh*, *ef*. Предлагается определить еще раз положение точки *f*, а также отношение радиуса *fg* к *ac*. Так как данный угол *ceg* равен 26 градусам с четвертью, а угол *ceh* — 20 градусам с четвертью, то, значит, весь угол *heg* будет $46^1/_2$ градуса, а его половина *hef* — 23 градуса с четвертью; значит, остаток *cef* будет иметь три градуса.

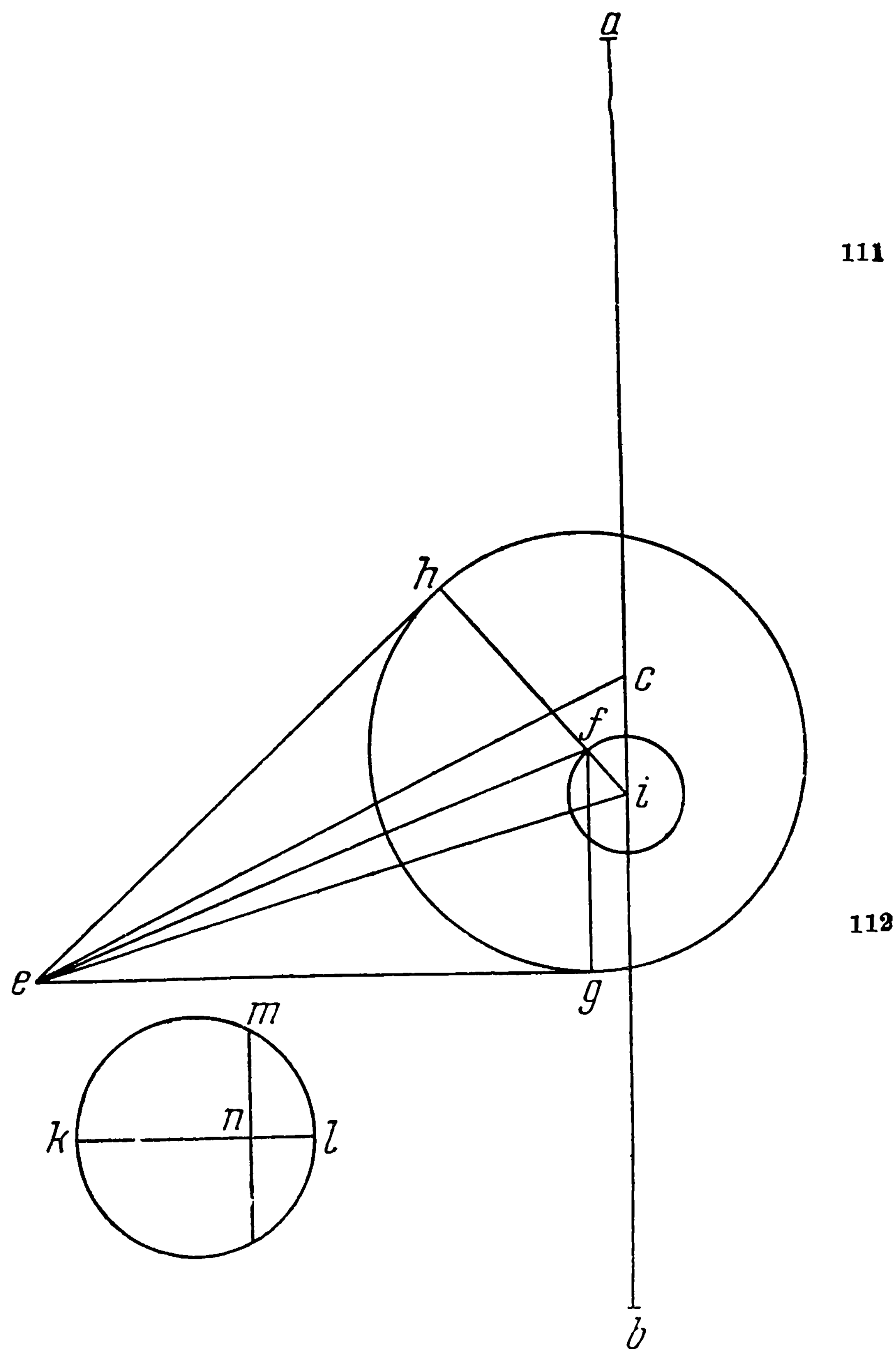
На основании этого в прямо-
106 угольном треугольнике *cef* будут данными стороны: *cf* — 524 части и гипотенуза *fe* — 10 014 частей, каких в *ce*, равной *ac*, будет 10 000. Но выше было показано, что во время нахождения Земли в верхней или нижней апсиде планеты вся *cd* равнялась 948 таким же частям; избыток *df*, равный 424 частям, будет диаметром малого круга, который описал центр орбиты Меркурия, а *if* — радиусом,
107 равным 212 частям; отсюда вся прямая *cfi* будет равна 736 частям. Равным образом в треугольнике *hef* с прямым углом при *h* дается угол *hef* — 23 градуса с четвертью, откуда определяется *fh*, равная 3947 частям, каких в *ef* было бы 10 000; но если *ef* считать равной 10 014 частям, каких в *ce* будет 10 000, то *fh* будет содержать таких частей 3953. Выше же было показано, что она содержала только 3573 такие части; пусть этому равняется *fk*. Следовательно, разность *hk* будет 380 частей; это представляет наибольшую разность элонгации планеты от центра *f* своей орбиты, которая получается при переходе от верхней к нижней апсиде, к средним дугам. Вследствие этой элонгации и ее неоди-
108 наковости планета около центра своей орбиты описывает неодинаковые кру-
109 ги в зависимости от различных расстояний: наименьшего—3573 части, наибольшего — 3953 части; среднее между ними должно равняться 3768. что и требовалось доказать.

Глава XXVIII

По какой причине отклонения Меркурия вблизи гексагональных аспектов кажутся большими тех, которые получаются в перигее

Вследствие этого будет менее удивительным то, что вблизи гексаго- 110
нальных аспектов Меркурий делает бо́льшие отклонения, чем в перигее, бо́льшие даже тех, которые мы уже вычислили, так что древние думали, что во время одного оборота Земли его орбита два раза приближается к Земле.

Построим угол *bce*, равный 60 градусам; тогда угол *bif* будет 120 градусов, ибо предполагается, что *f* совершает два обращения за время одного оборота Земли *e*. Про- 111
ведем соединительные прямые *ef*, *ei*. Так как показано, что *ci* равна 736 частям, каких в *ec* будет 10 000, и угол *eci* задается равным 60 градусам, то на основании этого в треугольнике *eci* последняя сторона *ei* будет равна 9655 частям и угол *cei* — приблизительно 3 градусам 47 минутам; на эту величину угол *cie* меньше *ace*. Но последний дан равным 120 градусам; следовательно, *cie* будет 116 градусов 13 минут. Но угол 112
fib тоже равен 120 градусам, ибо по построению он вдвое больше угла *eci*, а *cif*, дополняющий до полуокружности, — 60 градусов; остается *eif*, равный 56 градусам 13 минутам. Но *if*, как показано, равна 212 частям, каких в *ei* будет 9655; обе они заключают заданный угол *eif*, откуда



получаются угол fei — один градус четыре минуты и остаток cef— 2 градуса 44 минуты, на которые отстоит центр орбиты планеты от среднего положения Солнца, и последняя сторона — 9540 частей.

Теперь около центра f построим орбиту gh Меркурия, проведем из e касательные eg, eh к орбите, а также соединительные прямые fg, fh. Прежде всего нам нужно исследовать, какова в этом положении будет величина радиуса fg или fh, что мы сделаем следующим образом. Возьмем маленький круг, диаметр kl которого имеет 380 частей, каких в ac содержится 10 000. Вообразим, что планета будет на величину этого диаметра или ему равную приближаться или удаляться от центра f по прямой fg или fh, так же как мы изложили ранее относительно предварения равноденствий. Так как по предположению угол bce стягивает дугу в 60 градусов, возьмем дугу km, равную 120 таким градусам, и под прямыми углами к kl проведем mn; она, будучи половиной хорды, стягивающей удвоенную дугу km или ml, отсечет ln — четверть диаметра, или 95 частей, что можно показать на основании 12-го предложения тринадцатой книги «Начал» Евклида в соединении с 15-м пятой книги. Следовательно, остальные три четверти — kn — составят 285 частей, которые вместе с наименьшим расстоянием планеты дают 3858 частей, представляющие искомую линию fg или fh; в ac таких частей будет 10 000, а в ef, как показано, 9540. Таким образом, в прямоугольных треугольниках feg или feh даны две стороны; вследствие этого угол feg или feh будет тоже дан. Теперь если бы ef рав-
113 нялась 10 000 частей, то в fg или fh таких частей было бы 4054; они стягивают угол в 23 градуса 52 минуты, так что весь угол geh будет 47 градусов 45 минут. Но в нижней апсиде видны только $46^{1}/_{2}$ градуса, в середине же между апсидами — $46^{1}/_{2}$; следовательно, этот угол отклонения получился больше каждого из упомянутых на один градус 14 минут. Это происходит не потому, что орбита планеты будет ближе к Земле, чем в перигее, а потому, что в данном положении планета описывает больший круг, чем там. Все это вполне согласно как с настоящими, так и с прошедшими наблюдениями и вытекает из сложения равномерных движений.

Глава XXIX

Исследование среднего движения Меркурия

В более древних наблюдениях можно найти, что в 21 году Птолемея
114 Филадельфа на рассвете 19 дня египетского месяца Тота Меркурий был виден на прямой линии, проходящей через первую и вторую звезду на лбу Скорпиона, отстоя от них на два лунных диаметра в направлении последовательности знаков, а от первой звезды — на один лунный диаметр по направлению к северу. Известно, что положение первой звезды соответствует 209 градусам с половиной и шестой частью долготы и одному

градусу с третью северной широты, а второй звезды — 209 градусам долготы и одному градусу с половиной и третью (или пяти шестым) южной широты; из этого получалось, что место Меркурия было на 210 градусах с половиной и шестой частью долготы и приблизительно на одном градусе и пяти шестых северной широты. В то время от смерти Александра прошло 59 лет 17 дней и 45 шестидесятых дня и среднее положение Солнца согласно нашему вычислению соответствовало 228 градусам 8 минутам, а утреннее отклонение планеты—17 градусам 28 минутам, причем оно, как замечалось в следующие четыре дня, еще увеличивалось, так что можно было быть уверенным, что планета еще не достигла крайнего утреннего отклонения и не была в точке касания своей орбиты, но еще двигалась по нижней дуге, более близкой к Земле. И так как верхняя апсида находилась на 183 градусах 20 115
минутах, то до среднего положения Солнца было 44 градуса 48 минут.

Пусть опять *acb* будет, как и выше, проходящим через *i* диаметром велико- 116
го круга и из центра *c* проведена линия *ce* к среднему положению Солнца, так что угол *ace* будет 44 градуса 48 минут; вокруг центра *i* описан малый круг, по которому движется центр *f* эксцентра. Возьмем угол *bif* согласно нашему предположению вдвое бо́льшим угла *ace*, то есть 89 градусов 36 минут, и проведем соединительные прямые *ef*, *ei*. В треугольнике *eci* даны две стороны: *ci*, равная $736^{1}/_{2}$, и *ce* — 10 000 таких же частей, заключающие данный угол *eci* — 135 градусов 12 минут, смежный с углом *ace*; последняя сторона *ei* будет равна 10 534 частям, а угол *cei* — 2 градусам 49 минутам; на эту величину угол *eic* меньше *ace*. Таким

образом, будет дан и угол cie, равный 41 градусу 59 минутам Но угол cif, дополняющий bif, равен 90 градусам 24 минутам; следовательно, весь угол eif будет 132 градуса 23 минуты; он тоже заключается между известными сторонами треугольника efi, а именно ei, равной 10 534, и if — $211^{1}/_{2}$ такой части, каких в ac полагается 10 000. Отсюда станут известными угол fei — 50 минут, последняя сторона ef — 10 678 частей и получающийся в остатке угол cef — один градус 58 минут.

Возьмем теперь небольшой круг lm, диаметр lm которого равнялся бы 380 частям, каких в ac имеется 10 000, а дуга ln была согласно предположению равна 89 градусам 36 минутам. Проведем стягивающую ее хорду ln и nr — перпендикуляр к lm. Так как квадрат ln равен произведению lm, lr, то в соответствии с данным отношением определится и длина lr, равная приблизительно 189 частям, каких в диаметре lm 380; на такое, или равное этой длине, расстояние планета оказывается отдаленной от центра f своей орбиты, в то время как линия ec описала угол ace; если мы прибавим эти части к 3573, соответствующим наименьшему расстоянию, то после сложения получится 3762. Теперь из центра f расстоянием, равным 3762 частям, описываем круг и проводим eg, пересекающую выпуклую часть окружности в точке g так, чтобы угол ceg равнялся 17 градусам 28 минутам, представляющим видимую элонгацию планеты от среднего положения Солнца; затем соединяем fg и проводим параллельно ce прямую fk. Если угол cef вычтем из ceg, то остаток — угол feg будет равен 15 градусам 29 минутам. Отсюда в треугольнике efg будут даны две стороны: ef — 10 678 частей и fg — 3762 части, а также угол feg — 15 градусов 29 минут, откуда определится угол efg — 33 градуса 46 минут; если мы вычтем из него efk, равный cef, то получатся угол kfg и дуга kg - 31 градус 48 минут, представляющие расстояние планеты от среднего перигея своей орбиты; если мы прибавим к нему полуокружность, то получим 211 градусов 48 минут среднего движения параллактической аномалии для этого наблюдения, что и требовалось показать.

Глава XXX

117 О недавних наблюдениях движения Меркурия

Такой путь исследования движения этой планеты указали нам древние, но им помогало более ясное небо, так как Нил (как передают) не выделяет таких испарений, как у нас Висла. Нам же, обитающим в более суровой стране, природа отказала в этих удобствах; у нас реже бывает спокойный воздух и, кроме того, вследствие большой наклонности сферы реже можно видеть Меркурий хотя бы в наибольшем удалении от Солнца. Действительно, его восход в Овне и Рыбах недоступен для наших глаз,

так же как и заход в Деве и Весах; даже и в Раке или Близнецах Меркурий является только в вечерние или утренние сумерки, ночью же не бывает никогда, разве только Солнце удалится на расстояние доброй половины Льва. Вследствие этого много затруднений и работы доставила нам эта планета при исследовании ее блужданий. Поэтому мы заимствовали три положения планеты из тщательно наблюденных в Нюрнберге.

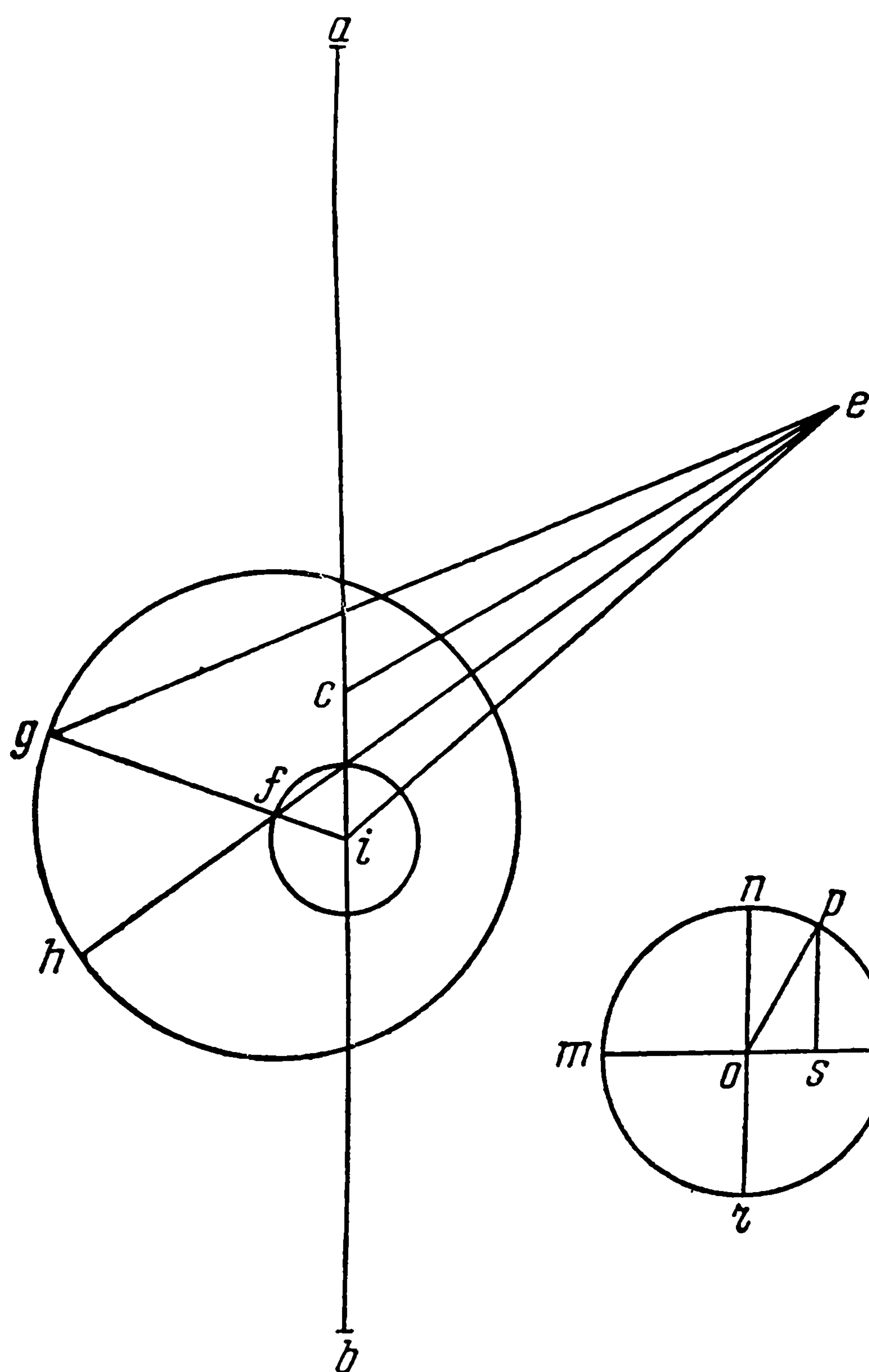
Первое было получено Бернардом Вальтером, учеником Региомон- 118
тана, в 1491 году христианской эры в девятый день сентября, то
есть в пятый до ид, через пять часов среднего времени после полуночи;
его положение было установлено при помощи астролябических армилл
по сравнению с Палилицием. Он наблюдал Меркурий на 13 с половиной 119
градусах Девы с северной широтой 1 градус с половиной и третью; тогда
планета была в начале утреннего покрытия, так как в течение предыдущих дней она, оставаясь утренней, все время постепенно исчезала. От начала христианской эры прошел 1491 египетский год 258 дней $12^{1}/_{2}$ шестидесятых частей дня; среднее положение Солнца было в простом движении на 149 градусах 48 минутах, при отсчете же от весеннего равноденствия — на 26 градусах 47 минутах Девы, откуда расстояние Меркурия определялось приблизительно в 13 градусов с четвертью.

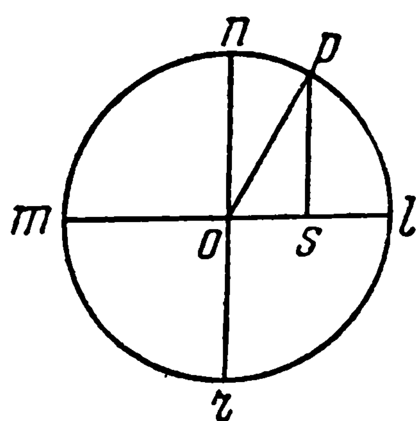
Второе наблюдение было в 1504 году христианской эры в пятый день
до январских ид в шесть с половиной часов пополуночи, когда в Нюрн- 120
берге стоял в меридиане 10-й градус Скорпиона. Наблюдение было произведено Иоанном Шонером, который видел планету на 3 с третью гра- 121
дусах Козерога с северной широтой 0 градусов 45 минут. Согласно вычислению среднее положение Солнца относительно весеннего равноденствия
было на 27 градусах 7 минутах Козерога, Меркурий утром на 23 градуса 122
42 минуты предшествовал Солнцу.

Третье наблюдение также было сделано тем же Иоанном в том же 1504
году в пятнадцатый день до апрельских календ, когда Меркурий был най- 123
ден на 26 градусах с десятой частью Овна с северной широтой приблизительно три градуса, когда на меридиане в Нюрнберге стоял 25-й градус Рака; это было установлено при помощи армилл, по отношению к той же
самой звезде Палилицию в $7^{1}/_{2}$ часа пополудни; в это время среднее по- 124
ложение Солнца по отношению к весеннему равноденствию было на 5 градусах 39 минутах Овна и вечерний Меркурий находился на расстоянии 21 градус 17 минут от Солнца.

Итак, между первым положением и вторым прошло 12 египетских лет 125 дней, 3 первых и 45 вторых шестидесятых дня, в течение которых простое движение Солнца было 120 градусов 14 минут, а параллактическая аномалия Меркурия — 316 градусов 1 минута. Во втором промежутке было 69 дней, 31 первых и 45 вторых шестидесятых частей дня, простое среднее движение Солнца — 68 градусов 32 минуты, средняя параллактическая аномалия Меркурия — 216 градусов.

При помощи трех этих наблюдений мы хотим определить движение Меркурия для настоящего времени; при этом мы считаем возможным допустить, что от Птолемея до настоящего времени соотношения размеров кругов остались неизменными, поскольку и для других планет у старых хороших авторов в этом отношении ошибок не оказывается. Если мы вместе с апсидами будем иметь и положение эксцентра, то для определения видимого движения также и этой планеты нам, кроме этого, ничего не понадобится. Мы приняли положение верхней апсиды на $211^{1}/_{2}$ градуса,
125 то есть на $28^{1}/_{2}$ градуса знака Скорпиона. Действительно, если доверять наблюдениям, то меньше нельзя было взять. Таким образом, мы получим аномалию эксцентра, то есть расстояние среднего положения Солнца от апогея, в первой точке 298 градусов 15 минут, во второй — 58 градусов 29 минут, в третьей — 127 градусов 1 минуту.





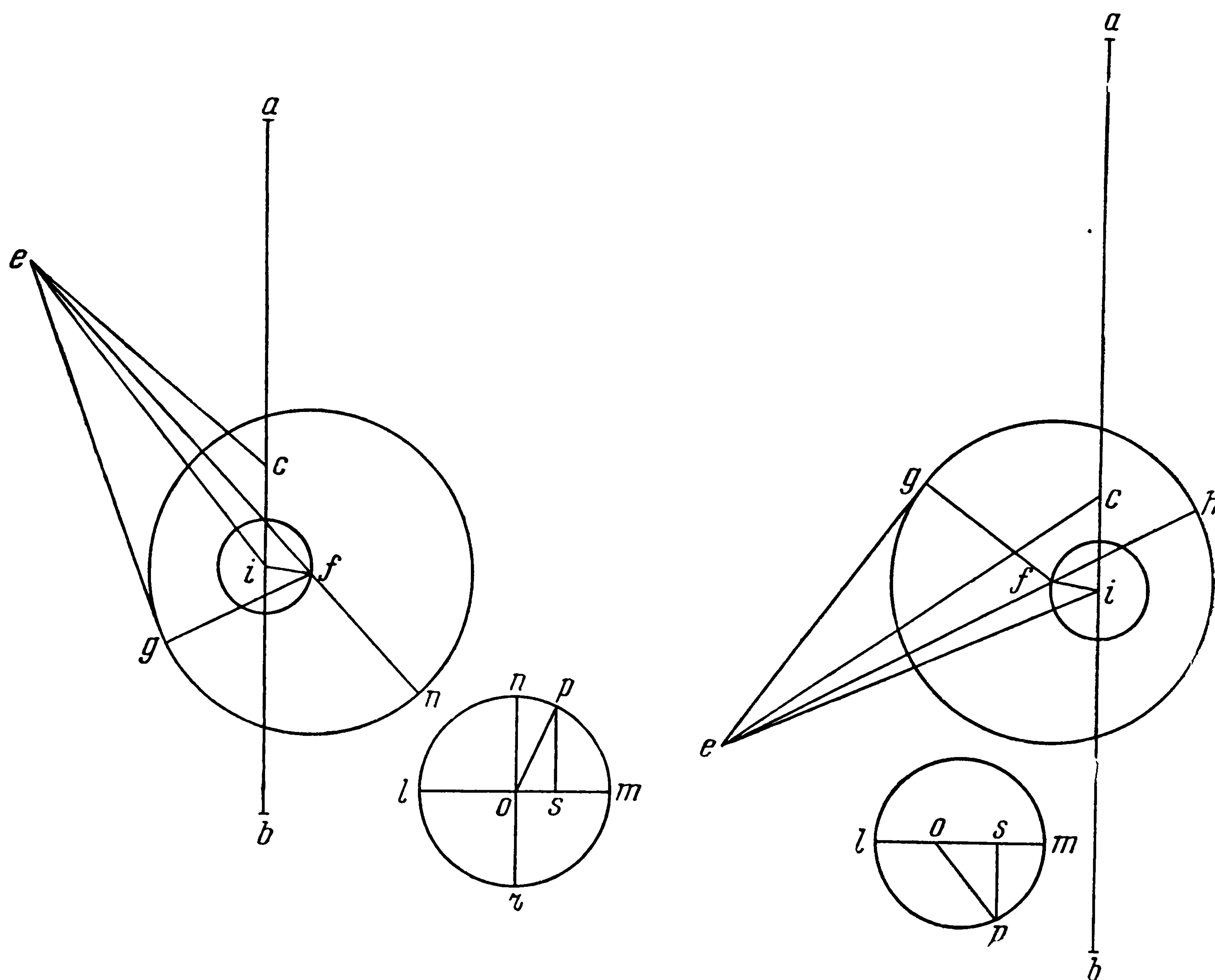
Итак, построим фигуру, как это делалось выше; только угол *ace* возьмем равным 61 градусу
126 45 минутам, на которые линия среднего положения Солнца предшествовала апогею в первом наблюдении, и все остальное вытекающее отсюда согласно предположению. И так как *ic* по заданию равна $736^{1}/_{2}$ части, каких в *ac* имеется 10 000, и дан угол *eci* в треугольнике *eci*, то будет также данным и угол *cei*, равный 3 градусам 35 минутам, и сторона *ie* — 10 369 частей, каких в *ec* будет 10 000, а в *if* — $211^{1}/_{2}$. Таким образом, в треугольнике *efi* имеются две стороны, отношение которых известно, затем угол *bif* — $123^{1}/_{2}$ градуса, то есть согласно предварительному построению вдвое больше угла *ace*, и *cif* дополняющий — $56^{1}/_{2}$ градуса; следовательно, весь угол *eif* будет
127 114 градусов 40 минут. Так, угол *ief* равен одному градусу 5 минутам, а сторона *ef* — 10 371 части, отсюда угол *cef* — $2^{1}/_{2}$ градуса.

Чтобы узнать, насколько вследствие движения приближения и удаления увеличится орбита с центром *f* по сравнению с имевшейся в апогее или перигее, построим небольшой круг, разделенный диаметрами *lm*, *nr* на четыре части в центре *o*. Возьмем угол *pom*, вдвое больший *ace*, то есть $123\frac{1}{2}$ градуса, и из точки *p* опустим на *lm* перпендикуляр *ps*. Тогда согласно данному отношению *op* или равная ей *lo* будет относиться
к *os*, как 10 000 к 8349, то есть как 190 к 105; сложенные вместе, они 128
дают *ls*, равную 295 частям, каких в *ae* будет 10 000; на такое расстояние планета повышается над центром *f*. Если теперь мы прибавим их к 3573 частям наименьшего расстояния, то получим 3868. В соответствии с этим около центра *f* опишем круг *hg*, проведем соединительную прямую *eg* и продолжим *ef* по прямой *efh*.

Так как согласно доказанному угол *cef* равен $2\frac{1}{2}$ градуса, а наблюденный угол *gec* — 13 градусов с четвертью, представляющий расстояние утренней планеты от среднего положения Солнца, то весь угол *feg* будет 15 градусов и три четверти. Но в треугольнике *efg* даны отношение *ef*
к *fg*, равное 10 371 к 3868, и угол *e*; тогда угол *egf* окажется у нас равным 129
49 градусам 8 минутам. Отсюда последний внешний угол будет 64 градуса 130
53 минуты. После вычитания его из полной окружности получится 295 градусов 7 минут истинной параллактической аномалии; если к ней прибавить угол *cef*, то получится средняя уравненная аномалия 297 градусов 37 ми-
нут, которую мы и искали. Если мы прибавим к ней 316 градусов 1 минуту, 131
то получим для второго наблюдения среднюю параллактическую аномалию — 253 градуса 38 минут; покажем, что она правильна и согласна с наблюдениями.

Отложим угол *ace*, равный 58 градусам 29 минутам — второму значению аномалии эксцентра. Тогда в треугольнике *cei* будут даны две стороны: *ic* — 736 и *ec* — 10 000 таких же частей и дополняющий угол *eci* — 121 градус 31 минута. Следовательно, третья сторона *ei* будет равна 10 404 таким же частям, а угол *cei* — 3 градусам 28 минутам. Также
в треугольнике *eif* угол *eif* составляет 118 градусов 3 минуты и стороны 132
if — $211\frac{1}{2}$ и *ie* — 10 404 таких же частей; третья сторона *ef* будет равна 10 505 таким же частям, угол *ief* — 61 минуте, и, следовательно, получающийся в остатке угол *fec* будет 2 градуса 27 минут. Он представляет простаферез эксцентра, который, будучи прибавлен к среднему параллакти-
ческому движению, дает истинное, равное 256 градусам 5 минутам. Те- 133
перь в эпицикле приближения и удаления возьмем дугу *lp* или угол *lop*, 134
вдвое больший *ace* — 116 градусов 58 минут. Тогда в прямоугольном
треугольнике *ops* по данному отношению сторон *op* и *os*, как 10 000 к 4535, 135
определится *os*, равная 85 частям, каких в *op* или *lo* будет 190, и вся *los* будет иметь длину 276; прибавив ее к наименьшему расстоянию 3573, получим 3849. Этим расстоянием опишем около центра *f* круг *hg* так, чтобы апогей параллактического движения был в точке *h*. Расстояние от него

планеты по предшествующей дуге *hg* равно 103 градусам 55 минутам, на которые полный оборот отличается от исправленного параллактиче-
136 ского движения, которое равнялось 256 градусам 5 минутам; вследствие этого следующий угол *efg* будет 76 градусов 5 минут. Таким образом, в



треугольнике *efg* опять даны две стороны: *fg* — 3849 и *ef* — 10 505 таких же частей. Вследствие этого угол *feg* будет 21 градус 19 минут; вместе с *cef* он дает полный угол *ceg* — 23 градуса 46 минут; это и будет видимое расстояние между центром *c* великого круга и планетой *g*, что также мало отличается от наблюденного.

Это подтвердится еще и третьим наблюдением, если положим угол *ace* равным 127 градусам 1 минуте или дополняющий *bce* — 52 градусам 59 минутам. Мы опять получим треугольник, у которого известны две стороны: *ci* — $736^1/_2$ и *ec* — 10 000 таких же частей, заключающие угол *eci* — 52 гра-

дуса 59 минут, откуда находятся угол *cei*, равный 3 градусам 31 минуте, и сторона *ie* — 9575 частей, каких в *ec* будет 10 000. И так как согласно построению угол *eif* равняется 49 градусам 28 минутам и заключается между данными сторонами *fi* — $211^1/_2$ и *ei* — 9575 таких же частей, то последняя сторона будет 9440 таких же частей, а угол *ief* — 59 минут. Вычтя его из *iec*, получим в остатке угол *fec* — 2 градуса 32 минуты; это будет вычитаемый простаферез аномалии эксцентра; если мы придадим его к средней параллактической аномалии, которую мы вычислили равной 109 градусам 137
38 минутам и прибавим 216 градусов второй аномалии, то получится истинная 112 градусов 10 минут.

Теперь возьмем на эпицикле угол *lop*, вдвое больший *eci*, — 105 градусов 58 минут; здесь вследствие отношения *po* к *os* будем иметь *os*, равной 52, так что вся прямая *los* будет 242. Если мы прибавим ее к наименьшему расстоянию 3573, то получим уравненное 3815, в соответствии с которым около центра *f* опишем круг, где верхняя апсида параллактического движения будет *h* на прямой, полученной после продолжения линии *efh*. В качестве истинной параллактической аномалии возьмем дугу *hg* — 112 градусов 10 минут и соединим *g*, *f*. Тогда дополняющий угол *gfe* будет равен 67 градусам 50 минутам; его заключают заданные стороны *gf* — 3815 и *ef* — 9440 таких же частей, откуда определится угол *feg* — 23 градуса 50 минут. После вычитания из него простафереза *cef* в остатке получится *ceg* — 21 градус 18 минут видимого расстояния между вечерней планетой и центром орбиты великого круга; почти такое же расстояние было получено и наблюдением.

Итак, согласие этих наблюденных трех положений, вне всякого сомнения, показывает, что место верхней апсиды эксцентра и в наше время будет тем самым, которое мы и принимали, а именно на $211^1/_2$ градуса по сфере неподвижных звезд; затем будет верным и следующее, а именно средняя параллактическая аномалия в первом положении равнялась 297 градусам 37 минутам, во втором — 253 градусам 38 минутам, в третьем — 19 градусам 38 минутам, что и требовалось расследовать. В том же древнем наблюдении, произведенном в 21 году Птолемея Филадельфа на рассвете 19-го дня месяца Тота, первого у египтян, положение верхней апсиды эксцентра (по мнению Птолемея) было на 183 градусах 20 минутах по отношению к сфере неподвижных звезд; средняя же параллактическая аномалия равнялась 211 градусам 47 минутам. Время, протекшее между этим новейшим и тем древним наблюдениями, равно 1768 египетским годам 200 дням 33 шестидесятым; в течение этого времени верхняя апсида эксцентра передвинулась по сфере неподвижных звезд на 28 градусов 10 минут, а параллактическое движение по исключении 5570 полных обращений было 257 градусов 51 минута. Таким образом, в течение 20 лет завершаются приблизительно 63 периода, что для 1760 лет дает 5544 периода, а в остальные 8 лет с днями — 26 обращений. Поэтому за 1768 лет

200 дней 33 шестидесятых дня кроме 5570 обращений наросли 257 градусов 51 минута, представляющие разницу между наблюденными положениями — первым упомянутым древним и нашим, что также соответствует числам, которые мы дали в таблицах. Если же мы к упомянутому времени отнесем 28 градусов 10 минут, представляющие движение апогея эксцентра, то окажется, что он перемещался бы на один градус в 63 года, если бы его движение было равномерным.

Глава XXXI

Об установлении исходных точек для Меркурия

От начала христианской эры до последнего наблюдения прошло 1504 египетских года 87 дней и 48 шестидесятых, в течение которых параллактическое движение Меркурия составило 63 градуса 14 минут (если отбросить полные обороты). Вычтя это из 109 градусов 38 минут, получим в остатке 46 градусов 24 минуты — величину параллактической аномалии для начала христианской эры; от него до начала первой олимпиады будет 775 египетских лет $12^1/_2$ дня, для которых вычисления дают 95 градусов 3 минуты, кроме полных оборотов; если мы вычтем их из исходного положения для христианской эры, заняв один полный оборот, то в остатке получится исходное положение для первой олимпиады — 311 градусов 21 минута. Отсюда за 451 год 247 дней до смерти Александра исходное положение, как показывает вычисление, перейдет на 213 градусов 3 минуты.

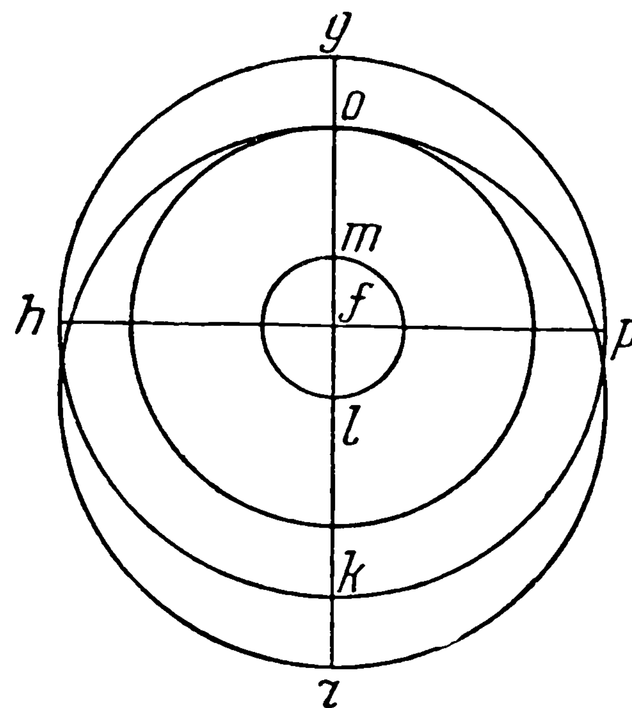
Глава XXXII

О некотором другом представлении приближения и удаления

Прежде чем оставить Меркурий, мы хотим еще указать другой способ, не менее вероятный, чем первый, при помощи которого могут совершаться и быть определяемыми эти приближения и удаления.

Пусть *ghkp* будет разделенный на четыре части круг с центром *f*; в него вписывается еще маленький гомоцентрический с ним круг *lm*; затем из центра *l* расстоянием *lfo*, равным *fg* или *fh*, описывается еще один круг *or*. Предположим, что вся эта совокупность кругов движется вокруг центра *f* по направлению последовательности знаков вместе со своими ⟨диаметральными⟩ сечениями *gfr* и *hfp*, ежедневно проходя приблизительно 2 градуса 7 минут, именно на сколько параллактическое движение планеты превышает движение Земли по зодиаку от апогея эксцентра

планеты, которая тем временем остающееся движение от точки g по кругу or проходит собственным параллактическим движением, почти одинаковым с движением Земли. Примем также, что в этом таком же, то есть годичном, движении, центр несущей планету орбиты or совершает колебательное движение взад и вперед по диаметру lfm, вдвое большее того, которое мы 138
брали ранее, как было сказано выше.



Когда все это так устроено, положим, что Земля в своем среднем движении находится против апогея эксцентрического круга планеты, а центр орбиты, несущей планету в то же самое время, будет в l, сама же планета — в точке o. Тогда она, находясь в наименьшем от f расстоянии, опишет в движении всей системы наименьший круг радиуса fo, и все, что отсюда следует. Когда же Земля будет в середине между апсидами, то планета, попадая в точку h, опишет дуги большего размаха в соответствии с наибольшим расстоянием от f, а именно по второму кругу, центр которого будет в f; тогда деферент or будет совпадать с кругом gh, так как они будут иметь один и тот же центр. Когда Земля отсюда будет продолжать свое движение к перигею, а центр орбиты or к другой предельной точке m, то орбита поднимется в положение gk, а планета в r снова попадает на наименьшее расстояние от f, и произойдет то же, что и вначале. Здесь совместно участвуют три равные между собой обращения, а именно Земли к апогею орбиты эксцентра Меркурия, колебательное движение центра по диаметру lm и движение планеты от линии fg и к ней же обратно, но движение отрезков gh, kp от апсиды эксцентра будет, как мы сказали, отличным от них.

Вот с каким удивительным разнообразием играет с этой планетой природа, укрепившая, однако, это разнообразие вечным, строгим и неизменным порядком. Здесь необходимо также обратить внимание, что на дугах квадрантов gh, kp планета будет двигаться не без некоторой разности в долготе, так что различие центров необходимо произвело бы некоторый простаферез, но этому препятствует непостоянство этого центра. Действительно, если бы к примеру планета при неподвижном в l центре выходила из o, то она вследствие эксцентриситета fl 139
имела бы около h наибольшую разность. Однако из сделанных предположений следует, что, выходя из o, планета как бы начинает и обещает произвести разность, соответствующую расстоянию fl между центрами, но по мере подхода движущегося центра к среднему положению f она все больше и больше уменьшает обещанную разность и обманывает так, что около средних сечений h, p эта разность полностью исчезает, хотя в этом

положении следовало бы ожидать наибольшей ее величины. И кроме того (нужно в этом признаться), эта разность скрывается в лучах Солнца, сделавшись уже незаметной, и при восходе или заходе планеты утром или вечером не усматривается в глубине этих дуг круга. Мы не хотели пройти молчанием этот способ, не менее, чем первый, пригодный для
140 расчетов; мы широко используем его при определении отклонений по широте.

[В виде эпилога приложим ради удобства таблицы числовых величин для этих пяти планет, которыми мы пользовались в расчетах их движений].

Глава XXXIII

О таблицах простаферезов пяти планет

141 Мы объяснили и вычислили все, касающееся среднего и видимого движений Меркурия и других планет. Руководствуясь этими примерами, можем считать известным путь для вычисления разностей движений в любых положениях. Но для удобства мы приготовили для каждой планеты свои таблицы с шестью столбцами и 30 строчками по тройкам градусов, как обычно. Первые два столбца содержат общие числа как для аномалии эксцентра, так и для параллактических движений. Третий — суммарные простаферезы эксцентра, то есть полные разности между средним и неравномерным движениями этих орбит. В четвертом — шестидесятиричные пропорциональные доли, на которые увеличиваются или уменьшаются параллактические движения вследствие большего или меньшего расстояния Земли. В пятом — самые значения простаферезов, представляющих параллактические движения в верхней апсиде эксцентра. В шестом и последнем — избытки, на которые их превосходят те, которые получаются в нижней апсиде эксцентра. Вот эти таблицы.

Таблица простаферезов Сатурна

Общие числа	Уравнение эксцентра	Пропорцио-нальные доли	Параллаксы Великого круга в верхней апсиде	Избыток параллакса в нижней апсиде
град град	*град мин*	*мин*	*град мин*	*град мин*
3 357	0 20	0	0 17	0 2
6 354	0 40	0	0 34	0 4
9 351	0 58	0	0 51	0 6
12 348	1 17	0	1 7	0 8
15 345	1 36	1	1 23	0 10
18 342	1 55	1	1 40	0 12
21 339	2 13	1	1 56	0 14
24 336	2 31	2	2 11	0 16
27 333	2 49	2	2 26	0 18
30 330	3 6	3	2 42	0 19
33 327	3 23	3	2 56	0 21
36 324	3 39	4	3 10	0 23
39 321	3 55	4	3 25	0 24
42 318	4 10	5	3 38	0 26
45 315	4 25	6	3 52	0 27
48 312	4 39	7	4 5	0 29
51 309	4 52	8	4 17	0 31
54 306	5 5	9	4 28	0 33
57 303	5 17	10	4 38	0 34
60 300	5 29	11	4 49	0 35
63 297	5 41	12	4 59	0 36
66 294	5 50	13	5 8	0 37
69 291	5 59	14	5 17	0 38
72 288	6 7	16	5 24	0 38
75 285	6 14	17	5 31	0 39
78 282	6 19	18	5 37	0 39
81 279	6 23	19	5 42	0 40
84 276	6 27	21	5 46	0 41
87 273	6 29	22	5 50	0 42
90 270	6 31	23	5 52	0 42

Таблица простаферезов Сатурна

Общие числа	Уравнение эксцентра	Пропорциональные доли	Параллаксы Великого круга в верхней апсиде	Избыток параллакса в нижней апсиде
град град	*град мин*	*мин*	*град мин*	*град мин*
93 267	6 31	25	5 52	0 43
96 254	6 30	27	5 53	0 44
99 261	6 28	29	5 53	0 45
102 258	6 26	31	5 51	0 46
105 255	6 22	32	5 48	0 46
108 252	6 17	34	5 45	0 45
111 249	6 12	35	5 40	0 45
114 246	6 6	36	5 36	0 44
117 243	5 58	38	5 29	0 43
120 220	5 49	39	5 22	0 42
123 237	5 40	41	5 13	0 41
126 234	5 28	42	5 3	0 40
129 231	5 16	44	4 52	0 39
132 228	5 3	46	4 41	0 37
135 225	4 48	47	4 29	0 35
138 222	4 33	48	4 15	0 34
141 219	4 17	50	4 1	0 32
144 216	4 0	51	3 46	0 30
147 213	3 42	52	3 30	0 28
150 210	3 24	53	3 13	0 26
153 207	3 6	54	2 56	0 24
156 204	2 46	55	2 38	0 22
159 201	2 27	56	2 21	0 19
162 198	2 7	57	2 2	0 17
165 195	1 46	58	1 42	0 14
168 192	1 25	59	1 22	0 12
171 189	1 4	59	1 2	0 9
174 186	0 43	60	0 42	0 7
177 183	0 22	60	0 21	0 4
180 180	0 0	60	0 0	0 0

[Если аномалия меньше полуокружности, то уравнение эксцентра прибавляется к параллактической аномалии, а параллакс великого круга вычитается из уравненной аномалии; если аномалия больше полукруга, то поступаем наоборот].

Таблица простаферезов Юпитера

Общие числа	Уравнение эксцентра	Пропорциональные доли	Параллакс Великого круга в верхней апсиде	Избыток параллакса в нижней апсиде
град град	*град мин*	*мин сек*	*град мин*	*град мин*
3 357	0 16	0 3	0 28	0 2
6 354	0 31	0 12	0 56	0 4
9 351	0 47	0 18	1 25	0 6
12 348	1 2	0 30	1 53	0 8
15 345	1 18	0 45	2 19	0 10
18 342	1 33	1 3	2 46	0 13
21 339	1 48	1 23	3 13	0 15
24 336	2 2	1 48	3 40	0 17
27 333	2 17	2 18	4 6	0 19
30 330	2 31	2 50	4 32	0 21
33 327	2 44	3 26	4 57	0 23
36 324	2 58	4 10	5 22	0 25
39 321	3 11	5 40	5 47	0 27
42 318	3 23	6 43	6 11	0 29
45 315	3 35	7 48	6 34	0 31
48 312	3 47	8 50	6 56	0 34
51 309	3 58	9 53	7 18	0 36
54 306	4 8	10 57	7 39	0 38
57 303	4 17	12 0	7 58	0 40
60 300	4 26	13 10	8 17	0 42
63 297	4 35	14 20	8 35	0 44
66 294	4 42	15 30	8 52	0 46
69 291	4 50	16 50	9 8	0 48
72 288	4 56	18 10	9 22	0 50
75 285	5 1	19 17	9 35	0 52
78 282	5 5	20 40	9 47	0 54
81 279	5 9	22 20	9 59	0 55
84 276	5 12	23 50	10 8	0 56
87 273	5 14	25 23	10 17	0 57
90 270	5 15	26 57	10 24	0 58

Таблица простаферезов Юпитера

Общие числа	Уравнение эксцентра	Пропорцио-нальные доли	Параллакс Великого круга в верхней доли	Избыток параллакса в нижней апсиде
град град	*град мин*	*мин сек*	*град мин*	*град мин*
93 267	5 15	28 33	10 25	0 59
96 264	5 15	30 12	10 33	1 0
99 261	5 14	31 43	10 34	1 1
102 258	5 12	33 17	10 34	1 1
105 255	5 10	34 50	10 33	1 2
108 252	5 6	36 21	10 29	1 3
111 249	5 1	37 47	10 23	1 3
114 246	4 55	39 0	10 15	1 3
117 243	4 49	40 25	10 5	1 3
120 240	4 41	41 50	9 54	1 2
123 237	4 32	43 18	9 41	1 1
126 234	4 23	44 46	9 25	1 0
129 231	4 13	46 11	9 8	0 59
132 228	4 2	47 37	8 56	0 58
135 225	3 50	49 2	8 27	0 57
138 222	3 38	50 22	8 5	0 55
141 219	3 25	51 46	7 39	0 53
144 216	3 13	53 6	7 12	0 50
147 213	2 59	54 10	6 43	0 47
150 210	2 45	55 15	6 13	0 43
153 207	2 30	56 12	5 41	0 39
156 204	2 15	57 0	5 7	0 35
159 201	1 59	57 37	4 32	0 31
162 198	1 43	58 6	3 56	0 27
165 195	1 27	58 34	3 18	0 23
168 192	1 11	59 3	2 40	0 19
171 189	0 53	59 36	2 0	0 15
174 186	0 56	59 58	1 20	0 11
177 183	0 17	60 0	0 40	0 6
180 180	0 0	60 0	0 0	0 0

Таблица простаферезов Марса

Общие числа		Уравнение эксцентра		Пропорциональные доли		Параллакс Великого круга в верхней апсиде		Избыток параллакса в нижней апсиде	
град	*град*	*град*	*мин*	*мин*	*сек*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
3	357	0	32	0	0	1	8	0	8
6	354	1	5	0	2	2	16	0	17
9	351	1	37	0	7	3	24	0	25
12	348	2	8	0	15	4	31	0	33
15	345	2	39	0	28	5	38	0	41
18	342	3	10	0	42	6	45	0	50
21	339	3	41	0	57	7	52	0	59
24	336	4	11	1	13	8	58	1	8
27	333	4	41	1	34	10	5	1	16
30	330	5	10	2	1	11	11	1	25
33	327	5	38	2	31	12	16	1	34
36	324	6	6	3	2	13	22	1	43
39	321	6	32	3	32	14	26	1	52
42	318	6	58	4	3	15	31	2	2
45	315	7	23	4	37	16	35	2	11
48	312	7	47	5	16	17	39	2	20
51	309	8	10	6	2	18	42	2	30
54	306	8	32	6	50	19	45	2	40
57	303	8	53	7	39	20	47	2	50
60	300	9	12	8	30	21	49	3	0
63	297	9	30	9	27	22	50	3	11
66	294	9	47	10	25	23	48	3	22
69	291	10	3	11	28	24	47	3	34
72	288	10	19	12	33	25	44	3	46
75	285	10	32	13	38	26	40	3	59
78	282	10	42	14	46	27	35	4	11
81	279	10	50	16	4	28	29	4	24
84	276	10	56	17	24	29	21	4	36
87	273	11	1	18	45	30	12	4	50
90	270	11	5	20	8	31	0	5	5

Таблица простаферезов Марса

Общие числа		Уравнение эксцентра		Пропорциональные доли		Параллакс Великого круга в верхней апсиде		Избыток параллакса в нижней апсиде	
град	*град*	*град*	*мин*	*мин*	*сек*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
93	267	11	7	21	32	31	45	5	20
96	264	11	8	22	58	32	30	5	35
99	261	11	7	24	32	33	13	5	51
102	258	11	5	26	7	33	53	6	7
105	255	11	1	27	43	34	30	6	25
108	252	10	56	29	21	35	3	6	45
111	249	10	45	31	2	35	34	7	4
114	246	10	33	32	46	35	59	7	25
117	243	10	11	34	31	36	21	7	46
120	240	10	7	36	16	36	37	8	11
123	237	9	51	38	1	36	49	8	34
126	234	9	33	39	46	36	54	8	59
129	231	9	13	41	30	36	53	9	24
132	228	8	50	43	12	36	45	9	49
135	225	8	27	44	50	36	25	10	17
138	222	8	2	46	26	35	59	10	47
141	219	7	36	48	1	35	25	11	15
144	216	7	7	49	35	34	30	11	45
147	213	6	37	51	2	33	24	12	12
150	210	6	7	52	22	32	3	12	35
153	207	5	34	53	38	30	26	12	54
156	204	5	0	54	50	28	5	13	28
159	201	4	25	56	0	26	8	13	7
162	198	3	49	57	6	23	28	12	47
165	195	3	12	57	54	20	21	12	12
168	192	2	35	58	22	16	51	10	59
171	189	1	57	58	50	13	1	9	1
174	186	1	18	59	11	8	51	6	40
177	183	0	39	59	44	4	32	3	28
180	180	0	0	60	0	0	0	0	0

Таблица простаферезов Венеры

Общие числа		Уравнение эксцентра		Пропорциональные доли		Параллакс Великого круга в верхней апсиде		Избыток параллакса в нижней апсиде	
град	*град*	*град*	*мин*	*мин*	*сек*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
3	357	0	6	0	0	1	15	0	1
6	354	0	13	0	0	2	30	0	2
9	351	0	19	0	10	3	45	0	3
12	348	0	25	0	39	4	59	0	5
15	345	0	31	0	58	6	13	0	6
18	342	0	36	1	20	7	28	0	7
21	339	0	42	1	39	8	42	0	9
24	336	0	48	2	23	9	56	0	11
27	333	0	53	2	59	11	10	0	12
30	330	0	59	3	38	12	24	0	13
33	327	1	4	4	18	13	37	0	14
36	324	1	10	5	3	14	50	0	16
39	321	1	15	5	45	16	3	0	17
42	318	1	20	6	32	17	16	0	18
45	315	1	25	7	22	18	28	0	20
48	312	1	29	8	18	19	40	0	21
51	309	1	33	9	31	20	52	0	22
54	306	1	36	10	48	22	3	0	24
57	303	1	40	12	8	23	14	0	26
60	300	1	43	13	32	24	24	0	27
63	297	1	46	15	8	25	34	0	28
66	294	1	49	16	35	26	43	0	30
69	291	1	52	18	0	27	52	0	32
72	288	1	54	19	33	28	57	0	34
75	285	1	56	21	8	30	4	0	36
78	282	1	58	22	32	31	9	0	38
81	279	1	59	24	7	32	13	0	41
84	276	2	0	25	30	33	17	0	43
87	273	2	0	27	5	34	20	0	45
90	270	2	0	28	28	35	21	0	47

Таблица простаферезов Венеры

Общие числа	Уравнение эксцентра	Пропорциональные доли	Параллакс Великого круга в верхней апсиде	Избыток параллакса в нижней апсиде
град град	*град мин*	*мин сек*	*град мин*	*град мин*
93 267	2 0	29 58	36 20	0 50
96 264	2 0	31 28	37 17	0 53
99 261	1 59	32 57	38 13	0 55
102 258	1 58	34 26	39 7	0 58
105 255	1 57	35 55	40 0	1 0
108 252	1 55	37 23	40 49	1 4
111 249	1 53	38 52	41 36	1 8
114 246	1 51	40 19	42 18	1 11
117 243	1 48	41 45	42 59	1 14
120 240	1 45	43 10	43 35	1 18
123 237	1 42	44 37	44 7	1 22
126 234	1 39	46 6	44 32	1 26
129 231	1 35	47 36	44 49	1 30
132 228	1 31	49 6	45 4	1 36
135 225	1 27	50 12	45 10	1 41
138 222	1 22	51 17	45 5	1 47
141 219	1 17	52 33	44 51	1 53
144 216	1 12	53 48	44 22	2 0
147 213	1 7	54 28	43 36	2 6
150 210	1 1	55 0	42 34	2 13
153 207	0 55	55 57	41 12	2 19
156 204	0 49	56 47	39 20	2 34
159 201	0 43	57 33	36 58	2 27
162 198	0 37	58 16	33 58	2 27
165 195	0 31	58 59	30 14	2 27
168 192	0 25	59 39	25 42	2 16
171 189	0 19	59 48	20 20	1 56
174 186	0 13	59 54	14 7	1 26
177 183	0 7	59 58	7 16	0 46
180 180	0 0	60 0	0 16	0 0

Параллактическая аномалия уравнивается так же, как и для предыдущих; если аномалия меньше полуокружности, то уравнение центра вычитается, а параллакс великого круга придается к среднему движению Солнца и, наоборот, если аномалия больше полуокружности.

Таблица простаферезов Меркурия

Общие числа		Уравнение эксцентра		Пропорциональные доли		Параллакс Великого круга в верхней апсиде		Избыток параллакса в нижней апсиде	
град	*град*	*град*	*мин*	*мин*	*сек*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
3	357	0	8	0	3	0	44	0	8
6	354	0	17	0	12	1	28	0	15
9	351	0	26	0	24	2	12	0	23
12	348	0	34	0	50	2	56	0	31
15	345	0	43	1	43	3	41	0	38
18	342	0	51	2	42	4	25	0	45
21	339	0	59	3	51	5	8	0	53
24	336	1	8	5	10	5	51	1	1
27	333	1	16	6	41	6	34	1	8
30	330	1	24	8	29	7	15	1	16
33	327	1	32	10	35	7	57	1	24
36	324	1	39	12	50	8	38	1	32
39	321	1	46	15	7	9	18	1	40
42	318	1	53	17	26	9	59	1	47
45	315	2	0	19	47	10	38	1	55
48	312	2	6	22	8	11	17	2	2
51	309	2	12	24	31	11	54	2	10
54	306	2	18	26	17	12	31	2	18
57	303	2	24	29	17	13	7	2	26
60	300	2	29	31	39	13	41	2	34
63	297	2	34	33	59	14	14	2	42
66	294	2	38	36	12	14	46	2	51
69	291	2	43	38	29	15	17	2	59
72	288	2	47	40	45	15	46	3	8
75	285	2	50	42	58	16	14	3	16
78	282	2	53	45	6	16	40	3	24
81	279	2	56	46	59	17	4	3	32
84	276	2	58	48	50	17	27	3	40
87	273	2	59	50	36	17	48	3	48
90	270	3	0	52	2	18	6	3	56

Таблица простаферезов Меркурия

Общие числа		Уравнение эксцентра		Пропорциональные доли		Параллакс Великого круга в верхней апсиде		Избыток параллакса в нижней апсиде	
град	*град*	*град*	*мин*	*мин*	*сек*	*град*	*мин*	*град*	*мин*
93	267	3	0	53	43	18	23	4	3
96	264	3	1	55	4	18	37	4	11
99	261	3	0	56	14	18	48	4	19
102	258	2	59	57	14	18	56	4	27
105	255	2	58	58	1	19	2	4	34
108	252	2	56	58	40	19	3	4	42
111	249	2	55	59	14	19	3	4	54
114	246	2	53	59	40	18	59	4	54
117	243	2	49	59	57	18	53	4	58
120	240	2	44	60	0	18	42	5	2
123	237	2	39	59	49	18	27	5	4
126	234	2	34	59	35	18	8	5	6
129	231	2	28	59	19	17	44	5	9
132	228	2	22	58	59	17	17	5	9
135	225	2	16	58	32	16	44	5	6
138	222	2	10	57	56	16	7	5	3
141	219	2	3	56	41	15	25	4	59
144	216	1	55	55	27	14	38	4	52
147	213	1	47	54	55	13	47	4	41
150	210	1	38	54	25	12	52	4	26
153	207	1	29	53	54	11	51	4	10
156	204	1	19	53	23	10	44	3	53
159	201	1	10	52	54	9	34	3	33
162	198	1	0	52	33	8	20	3	10
165	195	0	51	52	18	7	4	2	43
168	192	0	41	52	8	5	43	2	14
171	189	0	31	52	3	4	19	1	43
174	186	0	21	52	2	2	54	1	9
177	183	0	10	52	2	1	27	0	35
180	180	0	0	52	2	0	0	0	0

Глава XXXIV

О том, как вычисляются положения пяти планет по долготе

При помощи этих данных нами выше таблиц мы без труда вычислим положения пяти планет по долготе. Все они вычисляются приблизительно одним и тем же способом, однако при вычислении три верхних планеты немного отличаются от Венеры и Меркурия. Итак, сначала скажем о Сатурне, Юпитере и Марсе, для которых вычисление состоит в том, что для какого-нибудь заданного времени указанным выше способом отыскиваются средние движения, а именно простое движение Солнца и параллактическое движение планеты. Затем из положения Солнца в простом движении вычитается положение верхней апсиды эксцентрического круга планеты, а из полученного остатка — параллактическое движение. То, что останется после этого, представит аномалию эксцентра планеты, величину которой мы ищем в общих числах одного из двух первых столбцов таблицы; в соответствующем месте третьего столбца берем уравнение эксцентра и следующие пропорциональные доли. Это уравнение мы прибавим к параллактическому движению и вычтем из аномалии эксцентра, если число, с которым мы вошли в таблицу, находится в первом столбце; обратно, если оно занимает место во втором столбце, то мы вычтем его из параллактической аномалии и прибавим к аномалии эксцентра. Что получится после сложения или вычитания, будут уравненные аномалии — параллактическая и эксцентра. Пропорциональные доли мы пока сохраняем для употребления, о котором сейчас будет сказано.

Уравненную таким образом аномалию еще раз ищем среди первых общих чисел и из соответствующего места в пятом столбце берем параллактический простаферез вместе с помещенным в конце его избытком. От этого избытка возьмем пропорциональную часть в соответствии с числом пропорциональных долей; ее мы всегда прикладываем к простаферезу. Что получится после сложения, дает нам истинное параллактическое движение планеты, которое нужно вычесть из уравненной параллактической аномалии, если она меньше полуокружности, или прибавить в случае, когда она больше полуокружности. Таким образом мы получим истинное видимое расстояние планеты от среднего положения Солнца, считая в направлении против последовательности знаков; если мы вычтем ее из положения Солнца, то в остатке получится искомое положение планеты на сфере неподвижных звезд. Если мы прибавим к нему предварение равноденствий, то определим положение планеты по отношению к точке весеннего равноденствия.

Для Венеры и Меркурия в качестве аномалии эксцентра мы пользуемся расстоянием от верхней апсиды до среднего положения Солнца; при

помощи этой аномалии мы уравниваем параллактическое движение, а также и аномалию эксцентра, как уже сказано. Но простаферез эксцентра и уравненное параллактическое движение вместе прибавляем к среднему положению Солнца или вычитаем из него, если они одного рода или знака; если же они будут различного рода, то из большего вычитаем меньшее и с полученным остатком производим то же, что только что сказали, в соответствии с прибавляющим или вычитающим характером большего из чисел. Так получится искомое видимое положение планеты.

Глава XXXV

О стояниях и попятных движениях пяти блуждающих светил

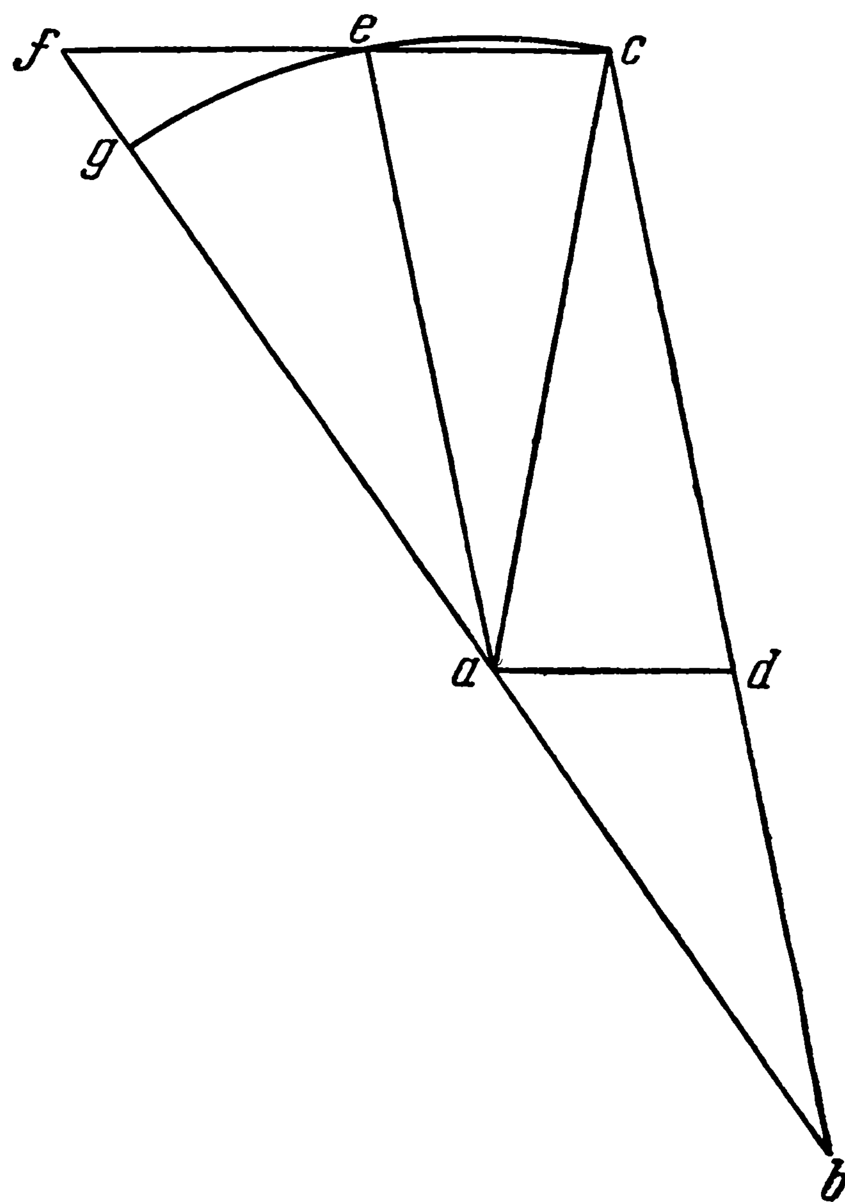
142 К числовым расчетам движения по долготе, как мы видим, относится определение стояний, прямых и попятных движений планет, где и когда они происходят и какими бывают по величине. О них уже немало говорили математики, в особенности Аполлоний из Перги, но только когда планеты обладали как бы лишь одним неравенством, именно каким эти светила движутся по отношению к Солнцу и какое мы называем параллактическим вследствие движения Земли по великому кругу.

Пусть с великим кругом Земли будут гомоцентричны круговые орбиты светил, по которым эти светила движутся с разными скоростями в одном направлении, а именно в направлении последовательности знаков, и пусть какая-нибудь планета, движущаяся, как Венера или Меркурий, по своей орбите внутри Великого круга, будет быстрее Земли в ее движении. Пусть некоторая прямая, проведенная от Земли, пересечет орбиту планеты так, что половина хорды, полученной в сечении с орбитой, к расстоянию от точки нашего зрения, то есть Земли, до нижней выпуклой дуги пересеченной орбиты будет относиться, как скорость движения Земли к скорости планеты. Тогда полученная таким образом точка сечения проведенной прямой позволит на прилежащей к перигею дуге круговой орбиты планеты отграничить область попятного движения от прямого, так что находящаяся в этой точке планета будет казаться нам неподвижной.

Подобным же образом для остальных трех верхних планет, движение которых более медленно, чем движение Земли, прямая, проведенная через точку нашего зрения, должна так пересечь великий круг Земли, чтобы половина отрезка этой прямой внутри круга относилась к расстоянию от планеты до точки нашего зрения, помещенной в ближайшей вогнутой части земной орбиты, как скорость планеты относится к скорости Земли; тогда планета в этой точке будет казаться нашему зрению неподвижной. Если половина находящегося в круге сечения, как сказано,

будет иметь к остающемуся внешнему отрезку большее отношение, чем скорость Земли к скорости Венеры или Меркурия или чем скорость какой-нибудь из остальных трех планет к скорости Земли, то соответствующая планета будет двигаться в направлении последовательности знаков; если же это отношение будет меньше, то планета будет двигаться попятно против последовательности знаков.

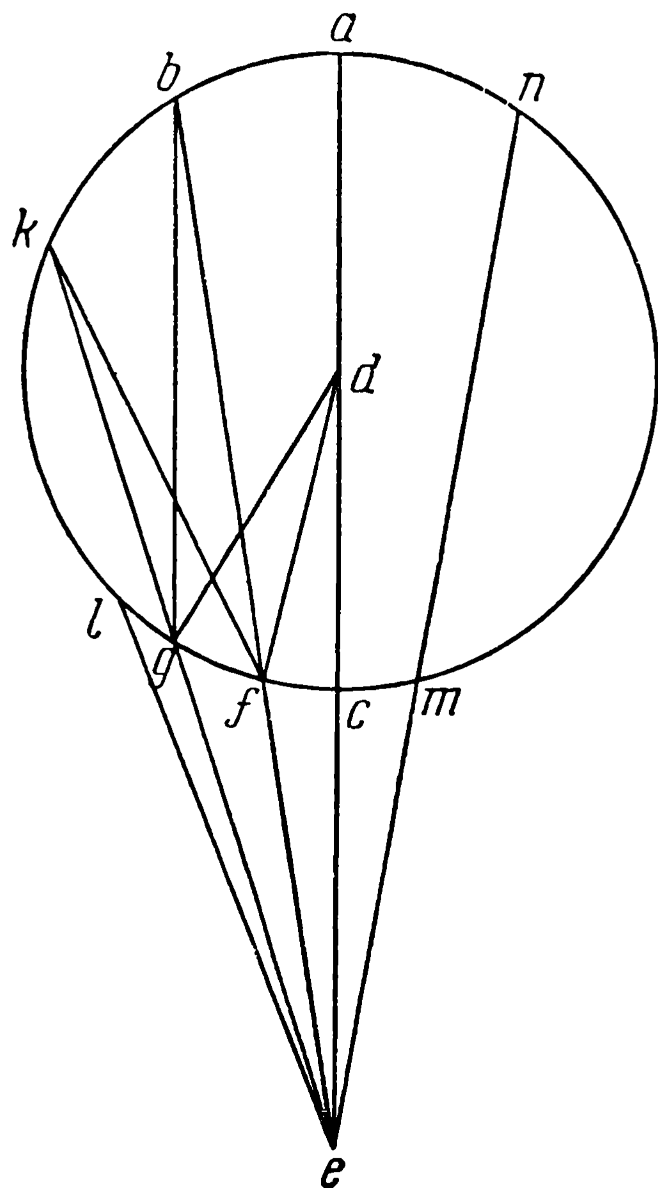
Для доказательства этого Аполлоний берет некоторую леммочку, 143
но только предположив Землю неподвижной. Тем не менее она вполне подойдет и к нашим основным принципам движения Земли; вследствие этого мы тоже будем ею пользоваться. Можно выразить ее в такой форме. Если бо́льшую сторону треугольника рассечь так, чтобы один из отрезков был не менее смежной с ним стороны, то отношение этого отрезка к оставшемуся будет больше, чем отношение взятых в обратном порядке углов, прилежащих к рассеченной стороне. Именно, пусть в треугольнике abc бо́льшая сторона будет bc; если возьмем на ней cd, не меньшую ac, то я утверждаю, что cd имеет к bd большее отношение, чем угол abc к углу bca.



Доказывается это так. Дополним параллелограмм $adce$, и пусть продолжения ba и ce встретятся в точке f. Так как ae не менее ac, то круг, описанный из центра a расстоянием ae, пройдет или через c, или же выше c; пусть он пройдет через c и будет gec. Поскольку треугольник aef больше сектора aeg, а треугольник aec меньше сектора aec, то треугольник aef к aec будет иметь большее отношение, чем сектор aeg к сектору aec. Но как треугольник aef относится к aec, так будет относиться и основание fe к ec; значит, fe имеет к ec большее отношение, чем угол fae к углу eac. Но, как fe к ec, так будет и cd к db, ибо угол fae равен abc, а eac равен bca. Следовательно, и cd имеет к db большее отношение, чем угол abc к углу acb. Очевидно также, что это отношение будет еще больше, если мы примем cd не равным ac, то есть ae, а положим его еще бо́льшим.

Пусть теперь abc будет круговая орбита Венеры или Меркурия с цент- 144
ром d; пусть вне этого круга находится Земля e, движущаяся вокруг того же центра d. Из точки e проведем по лучу нашего зрения через центр

круга прямую линию *ecda*; пусть *a* будет наиболее удаленное место от Земли, а *c* ближайшее. Положим, что *dc* имеет к *ce* большее отношение, чем движение луча нашего зрения к скорости планеты. Тогда можно найти такую линию *efb*, чтобы половина *bf* имела к *fe* отношение, как движение луча зрения к бегу планеты. Действительно, при удалении линии *efb* от центра *d* отрезок *fb* будет уменьшаться, а *ef* увеличиваться, пока не произойдет требуемое. Я утверждаю, что при нахождении планеты в точке *f* она произведет на нас впечатление стоящей. Если мы с обеих сторон *f* возьмем какую-нибудь дугу, то на дуге, отложенной к апогею, мы увидим планету движущейся вперед, на отложенной же к перигею—назад.



Возьмем сначала дугу *fg* по направлению к апогею; продолжим *egk* и проведем соединительные прямые *bg*, *dg*, *df*. Так как в треугольнике *bge* у большей стороны *be* отрезок *bf* более *bg*, то отношение *bf* к *ef* будет больше, чем у угла *feg* к углу *gbf*. Поэтому и половина *bf* будет иметь к *fe* большее отношение, чем угол *feg* к удвоенному *gbf*, то есть к углу *gdf*; отношение же половины *bf* к *fe* будет тем же, что и у движения Земли к бегу планеты. Значит, угол *feg* к *gdf* будет иметь меньшее отношение, чем скорость Земли к скорости планеты. Итак, угол, имеющий к *fdg* то же отношение, что движение Земли к бегу планеты, будет больше *feg*; пусть ему будет равен угол *fel*. Тогда в течение того времени, как планета пройдет дугу *gf* орбиты, луч нашего зрения можно будет считать прошедшим противоположное ему расстояние, а именно заключающееся между линиями *ef* и *el*. Очевидно, что в то же самое время, в какое дуга *gf* пере-
145 несет по отношению к нашему зрению планету против последовательности знаков на меньший угол *feg*, перемещение Земли увлечет ее назад в направлении последовательности знаков на больший угол *fel*, так что планета, отставшая на угол *gel* сзади, еще не будет казаться остановившейся.

Равным образом очевидно, что при помощи тех же самых средств можно доказать и противоположное этому. Если на том же чертеже мы положим, что половина *gk* имеет к *ge* то же отношение, что движение Земли к скорости планеты, но дугу *gf* возьмем от прямой линии *ek* по направлению к перигею, то после соединения *kf* и построения треугольника *kef*,

в котором ge будет больше ef, отрезок kg будет иметь меньшее отношение к ge, чем угол feg к углу fkg. И здесь также половина kg имеет к gf меньшее отношение, чем угол feg к удвоенному fkg, то есть к углу gdf, что в свою очередь доказывается, как и выше. На основании того же получится, что угол gdf будет иметь к углу feg меньшее отношение, чем скорость планеты к скорости луча нашего зрения. Итак, если бы они имели то же самое отношение, то при увеличении угла gdf планета сделала бы большее перемещение против последовательности знаков, чем требует наше продвижение.

Из этого также очевидно, что если мы возьмем равные дуги fc и cm, то в точке m будет второе стояние; если мы проведем линию emn, то у половины mn будет к me то же отношение, что у скорости Земли к скорости планеты, как это было у половины bf к fe. Таким образом, точки f и e соответствуют обоим стояниям и определяют дугу fcm с попятным, а оставшуюся часть окружности — с прямым движением. Отсюда следует также, что на расстояниях, для каких отношение dc к ce не больше отношения скорости Земли к скорости планеты, невозможно провести никакую другую прямую в отношении, равном упомянутому, и что планета не может казаться ни стоящей, ни опережающей.

Действительно, если в треугольнике deg взять прямую dc, не меньшую eg, то угол ceg будет иметь к cdg меньшее отношение, чем прямая dc к ce; но отношение dc к ce не более отношения скорости Земли к скорости планеты; следовательно, угол ceg будет иметь к cdg отношение меньшее, чем скорость Земли к скорости планеты. Если это где-нибудь случится, то планета будет двигаться вперед и мы нигде на орбите планеты не сможем найти дуги, на которой планета казалась бы имеющей попятное движение.

Это относительно Венеры и Меркурия, которые находятся внутри великого круга. Для трех остальных внешних планет доказательство ведется совершенно так же и при тех же чертежах; только придется изменить обозначения, а именно под abc понимать Великий круг Земли и движение нашего зрения, а в e полагать планету, бег которой по своей орбите меньше скорости движения нашего глаза по Великому кругу. В остальном доказательство везде будет развиваться как и ранее.

Глава XXXVI

О том, как определяются времена, места и дуги попятных движений

Если бы орбиты, по которым движутся планеты, были гомоцентрическими с великим кругом, то все, что требуется для доказательства, получилось бы легко, так как между скоростью планеты и скоростью луча нашего зрения всегда существовало бы одно и то же отношение. В дейст-

вительности же эти орбиты эксцентричны, так что видимые движения будут неравномерны. Поэтому нам придется в каждом случае брать определенные уравненные движения, учитывать неравенства их скоростей и пользоваться в исчислениях ими, а не прсстыми и равномерными, если конечно, планета не находится в области средних долгот, ибо здесь она будет двигаться по своей орбите средним движением.

146 Покажем это на примере Марса, после чего будут более наглядными попятные движения и остальных планет. Пусть *abc* будет Великий круг, по которому движется луч нашего зрения, а планета находится в точке *e*. Проведем из нее прямые линии *ecda* через центр орбиты и *efb*. Пусть половина *bf*, то есть *gf*, имеет к *ef* такое же отношение, как рассматриваемая скорость планеты к скорости луча нашего зрения, которая больше, чем у планеты. Нам предлагается определить *fc* — половину дуги попятного движения — или *abf*, и мы будем знать, насколько планета во время стояния отстоит от наиболее удаленного положения *a* и каков угол *fec*. Зная это, мы можем предсказать время и место такого происшествия с планетой. Предположим, что планета находится вблизи средней апсиды эксцентра, где движения по долготе и аномалии мало отличаются от средних равномерных.

Итак, если среднее движение планеты Марс равно одной части 8 первым 7 вторым шестидесятым (пусть этому будет равна линия *gf*), то параллактическое движение, то есть движение луча нашего зрения по отношению к среднему движению планеты, будет единицей и изобразится прямой *ef*, так что вся *eb* будет равняться 3 частям, 16 первым и 14 вторым шестидесятым, а прямоугольник, заключенный между *be*, *ef*, будет рав-
147 няться 3; 16, 14 частям. Но мы доказали, что *da*—радиус орбиты — равен 6580 частям, каких в *de* будет 10 000. Если *de* положить равным 60, то *ad* будет 39 и 29 шестидесятых и вся *ae* будет относиться к *ec*, как 99; 29 к 20; 31. а заключенный между ними прямоугольник, равный, как можно видеть, прямоугольнику на *be*, *ef*, будет равен 2041;4. А то, что получает-

ся после «приложения», то есть после деления 2041;4 на 3; 16,14, дает 148
нам 624;4, откуда квадратный корень, то есть *ef*, будет 24;58,52; он выражен в частях, каких в *de* предполагалось 60. Если же положить *de* равным 10 000, то *ef* будет 4163;5, а *df* — 6580 таких же частей.

Следовательно, из треугольника *def* с данными сторонами мы получим угол *def*, равный 27 градусам 15 минутам (это угол попятного движения планеты), и угол параллактической аномалии — 16 градусов 50 минут. Так как при первой остановке планета была бы видна на прямой *ef*, а в противостоянии — на *ec*, если бы планета не двигалась в направлении последовательности знаков, то эти 16 градусов 50 минут дуги *cf* заключали бы найденные 27 градусов 15 минут попятного движения под углом *aef*, но вследствие указанного отношения скорости планеты к скорости нашего глаза этим 16;50 градусам параллактической аномалии будут соответствовать приблизительно 19;6,39 градусов долготы планеты. Если мы вычтем их из 27;15, то для расстояния второй остановки от точки акронихия останутся 8 градусов 8 минут и приблизительно $36^1/_2$ дня, в течение которых проходятся эти 19;6, 39 градусов долготы, и, следовательно, все попятное движение займет 16;16 градусов и 73 дня. 149

Это относится к средним долготам эксцентра; подобно этому производим вычисление и для других мест, имея, однако, в виду всегда определенную скорость светила, соответствующую, как мы сказали, взятому положению.

Поэтому тот же самый способ вычисления применим и для Сатурна, Юпитера, Марса, а также и для Венеры и Меркурия, но только в последнем случае нужно вместо планеты брать точку нашего зрения, а вместо точки зрения — планету. Действительно, для орбит, обнимаемых орбитой Земли, совершается обратное тому, что совершается для орбит, обнимающих орбиту Земли; поэтому, чтобы не тянуть одну и ту же песню, сказанного будет достаточно.

Однако поскольку такое переменное движение планеты в зависимости от точки наблюдения и неопределенности стояний представляет немалые затруднения, от которых упомянутое допущение Аполлония никоим образом не может нас избавить, то я не знаю, не будет ли лучше определять стояния просто при помощи нахождения ближайшего места совершенно так же, как мы определяем соединение планеты в противостоянии с линией среднего движения Солнца, или вообще соединение любых светил, находя место соединения при помощи известных числовых данных об их движениях в месте соединения. Это мы предоставляем всякому желающему.

КНИГА ШЕСТАЯ

1 Мы по мере наших сил показали, какую силу и значение для видимого движения планет по долготе имеет предположение о подвижности Земли и в какой строгий и необходимый порядок оно заставляет прийти все явления. Нам остается заняться перемещениями этих светил по широте и показать, какую именно власть и здесь имеет движение Земли и какие оно в этой области предписывает им законы. Действительно, сведения по этой части также необходимы, ибо отклонения планет по широте производят немалые различия касательно их восхода и захода, выхождений, покрытий и вообще других изложенных выше явлений. Даже истинные положения светил можно считать известными лишь, когда дается долгота вместе с широтой, определяющей расстояние от зодиакального круга. Итак, что древние математики пытались здесь объяснить, считая Землю неподвижной, мы намерены сделать в предположении ее движения, может быть, и короче и более удачно.

Глава I

Общие сведения о движениях пяти планет по широте

Древние у всех планет находили двоякого рода смещения по широте в соответствии с двумя неравенствами их движения по долготе. Одно из них, они считали, происходит на эксцентрических кругах, другое — на эпициклах; мы же (как уже часто повторялось) вместо этих эпициклов берем один великий круг Земли. Это не потому, чтобы этот Великий круг как-нибудь отклонялся от раз навсегда определенной плоскости зодиака (ибо они представляют одно и то же), а потому, что орбиты планет наклонны к нему, причем угол наклона не остается постоянным; его изменчивость определяется движением и обращениями по великому кругу Земли. Так как три верхних планеты — Сатурн, Юпитер и Марс — по долготе движутся по некоторым иным законам, чем обе оставшиеся, то они немало также отличаются и в движении по широте.

Итак, прежде всего было исследовано, где именно находятся и какую величину имеют крайние пределы их северной широты. Для Сатурна и Юпитера они были найдены Птолемеем в начале Весов, а для Марса — в конце Рака, приблизительно в апогее эксцентрического круга. В наши

же времена мы нашли такие северные пределы: для Сатурна — на 7-м градусе Скорпиона, для Юпитера — на 27-м градусе Весов, для Марса — на 27-м градусе Льва, ибо к нашему времени переместились также и апогеи, а этому движению следуют наклоны орбит и оси вращения для изменения широт. Между этими пределами на равных четверти окружности расстояниях, уравненных или видимых, не наблюдается никакого отклонения по широте, где бы тогда ни находилась Земля.

Следовательно, в этих средних долготах планеты можно полагать
находящимися в пересечениях своих орбит с зодиакальным кругом, так же
как Луна в эклиптических точках; [их Птолемей называет узлами, а имен- 2
но восходящим, там где светило вступает в северную область неба, и нисходящим, там где оно перемещается в южную]. Это происходит не оттого, что им какую-нибудь широту сообщает великий круг Земли, всегда остающийся в плоскости зодиака, но так как всякое отклонение по широте принадлежит к тем, которые больше всего меняются в местах, отличных от упомянутых. Когда Земля приближается к планетам и последние являются акронихически восходящими и в противостоянии с Солнцем, то они всегда дают бо́льшие изменения широты, чем в любом другом положении Земли. В северной полуокружности эти изменения происходят к северу, в южной — к югу, причем получающиеся различия больше, чем требовало бы приближение и удаление Земли.

Таким образом, выяснилось, что наклон небесных орбит не будет вполне определенным, а меняется некоторым колебательным движением, соразмерным с обращениями Земли по Великому кругу Земли, как об этом будет
сказано несколько ниже. Видимые же отклонения Венеры и Меркурия от 3
зодиакального круга происходят несколько иначе, имея, однако, определенный закон для верхних и нижних апсид и в серединах промежуточных дуг. Ибо в средних долготах, когда линия среднего положения Солнца на четверть окружности отстоит от их верхней или нижней апсиды и сами планеты, видимые утром или вечером, удалены от линии среднего положения Солнца на четверти окружностей своих орбит, в них не обнаружено никакого отклонения от зодиакального круга. Из этого заключили, что они тогда находятся в общем сечении орбиты каждой планеты с зодиаком, причем это сечение проходит через их перигеи и апогеи. Поэтому когда они относительно Земли находятся выше или ниже, то имеют заметные отклонения, наибольшие в наибольшем расстоянии от Земли, то есть при вечернем выхождении или утренней оккультации; тогда Венера является более всего северной, а Меркурий — более всего южным. Обратно: в наиболее близких положениях к Земле, когда они вечером скрываются или утром выходят, Венера бывает южной, а Меркурий — северным.

Наоборот, когда Земля находится в противоположном упомянутому положении, то есть в середине другого промежутка между апсидами, именно когда эксцентрическая аномалия равняется 270 градусам, то Венера

в наибольшем расстоянии от Земли является южной, а Меркурий — северным; находясь же ближе всего к Земле Венера бывает северной, а Меркурий — южным. Когда Земля поворачивает к апогеям этих светил, то Птолемей нашел, что Венера утренняя имеет северную широту, а вечерняя — южную; для Меркурия наоборот; утренний имеет южную широту, вечерний — северную. Все это подобным же образом изменяется на обратное в точке, лежащей против перигея, так что Венера — как Люцифер является южной, а как Вечерняя звезда — северной, Меркурий же утренний — северным, а вечерний — южным. В обоих этих положениях нашли, что северное отклонение Венеры всегда больше, чем южное, а у Меркурия южное больше, чем северное.

На этом основании древние установили здесь два вида изменения широты, а всего три. Первый вид, обнаруживающийся в средних долготах, они
4 назвали инклинацией, второй — в верхней и нижней апсиде — обликвацией, а последний, соединенный с ним,— девиацией; она у Венеры всегда северная, а у Меркурия южная. Между указанными четырьмя предельными точками все они складываются друг с другом, по очереди возрастают и убывают и взаимно сменяются; для всего этого мы подберем подходящие случаи.

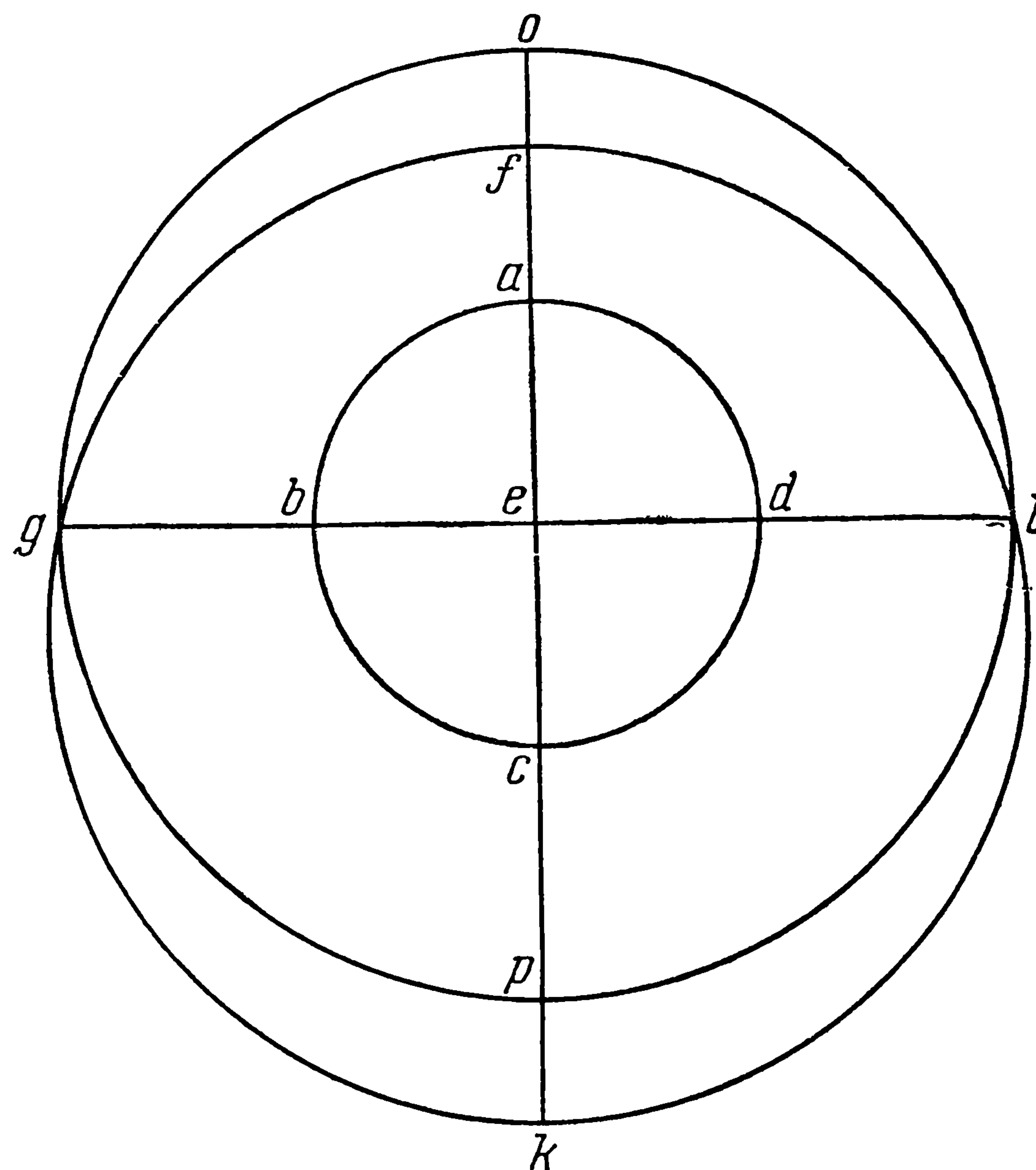
Глава II

Предположения о кругах, которыми эти планеты движутся по широте

Таким образом, следует принять, что орбиты этих пяти светил наклонны к плоскости зодиака, а общее их сечение совпадает с диаметром зодиакального круга, причем их наклон изменяется, но следует правильному закону. Для Сатурна, Юпитера и Марса угол в сечении получает некоторое колебание вокруг сечения, как бы вокруг оси. Такое колебание мы уже разобрали, говоря о предварении равноденствий, но только здесь оно будет простым и соразмерным с параллактическим движением, в соответствии с которым в определенных границах увеличивается и уменьшается. Когда Земля более всего приближается к планете, а именно в акронихическом ее положении, наклонение орбиты бывает наибольшим, в противоположном же положении — наименьшим, а в промежуточном имеет среднюю величину. Если планета находится в предельном положении наибольшей северной или южной широты, то ее широта будет гораздо больше при близости Земли, чем в наибольшем ее удалении. Хотя эта неодинаковость расстояния Земли могла бы быть и единственной причиной такого различия; ибо более близкое кажется больше находящегося дальше, широты упомянутых планет возрастают и убывают на несколько большие величины, что

может быть только, если орбиты планет будут колебаться, изменяя свой наклон. Но, как мы уже сказали ранее, для всякого колебания надо принимать некоторую среднюю величину между крайними пределами.

Чтобы это было яснее, возьмем в плоскости зодиака Великий круг *abcd*, имеющий центр в *e*. Пусть орбита *fgkl* планеты будет к нему наклонной, имея некоторый средний и постоянный угол наклона; пусть *f* будет 5



северный предел широты, *k* — южный, *g* — нисходящий узел сечения, *l* — восходящий, *bed* — линия общего сечения. Продолжим ее по прямым *gb*, *dl*; пусть эти четыре граничные точки не изменяются, если, конечно, исключить движение апсид. Кроме того, примем, что движение планеты по долготе совершается не в плоскости самого круга *fg*, а по некоторому другому наклонному кругу, гомоцентрическому с *fg*. Пусть этот круг будет *op*, пересекающийся с первым по той же прямой *gbdl*. Когда планета перемещается по орбите *op*, последняя в это же время в колебательном движении через плоскость *fk* переводит светило в ту и другую сторону и вследствие этого производит кажущиеся изменения широты. 6

Пусть сначала планета будет в точке *o* с наибольшей северной широтой и ближе всего к Земле, находящейся в *a*. Тогда широта светила увеличится в зависимости от угла *ogf* наибольшего наклона орбиты *ogp*. Это соразмер-

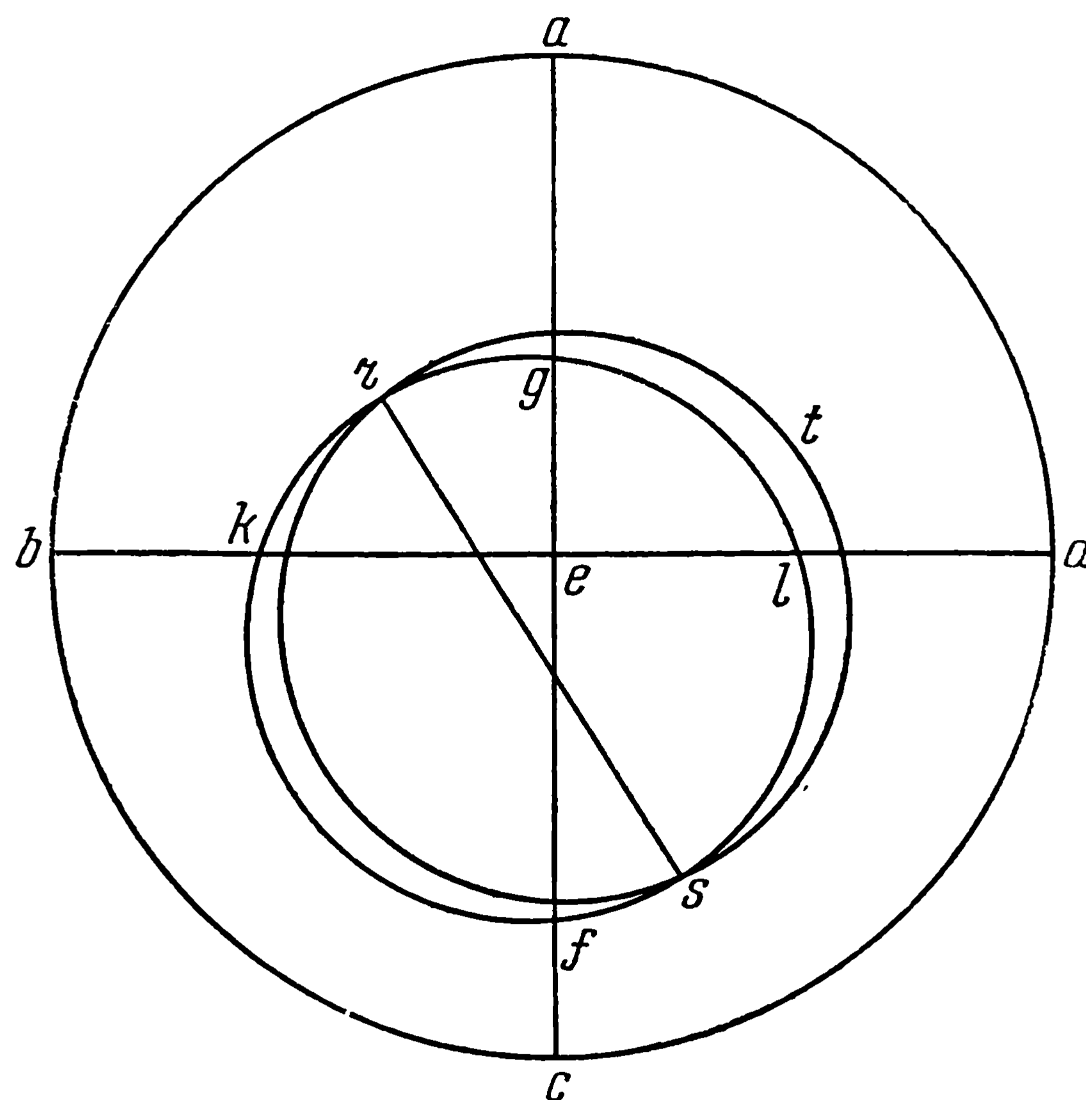
ное с параллактическим движение возрастания и убывания должно существовать по гипотезе; если Земля находится в b, то o совпадет с f и широта планеты в том же месте окажется меньшей, чем раньше; она будет гораздо меньше, если Земля была бы в точке c. Действительно, тогда o перейдет в крайнюю противоположную сторону своего колебания и оставит только то, что окажется лишним после вычитания уменьшающегося колебания, а именно, угла, равного ogf, из северной широты. После этого на остальной полуокружности cda широта светила, оставаясь северной вблизи f, будет возрастать, пока Земля не дойдет до первой точки a, откуда началось движение.

Такой же процесс того же характера будет у планеты, находящейся на юге около точки k, если начало движения Земли взять в c. Если же планета находится в одном из узлов g или l, будучи в противостоянии или в соединении с Солнцем, то, хотя бы тогда орбиты fk и op находились в наибольшем наклоне друг к другу, у планеты от этого не получится какой-нибудь заметной широты, так как она будет находиться в общем сечении орбит. Из этого (как я полагаю) легко можно понять, каким образом северная широта планеты уменьшается ⟨в движении⟩ от f до g, а южная увеличивается от g до k; у l она полностью исчезает и переходит в северную. И с тремя упомянутыми верхними планетами дело обстоит описанным образом.

Как в движениях по долготе, так и по широте Венера и Меркурий немало от них отличаются, ибо точки сечения их орбит с плоскостью зодиака расположены у апогеев и перигеев. У них наибольшие наклоны в ту и другую сторону получаются в серединах между апсидами, будучи подвержены колебанию, как и у трех верхних планет, но, кроме того, они имеют и другое колебание, непохожее на ранее упомянутое. Однако оба эти колебания соразмерны с обращениями Земли, но только не одинаковым образом. Первое колебание таково, что за время одного оборота Земли и возвращения ее к их апсидам колебательное движение повторяется два раза, имея в качестве оси постоянную, как мы сказали, линию сечения через апогеи и перигеи; при этом наибольший угол в сечении получается всякий раз, как линия среднего положения Солнца проходит через их перигей или апогей, в средних же долготах он всегда наименьший.

Второе колебательное движение, налагающееся на вышеупомянутое, отличается от него тем, что имеет подвижную ось и производит то, что при нахождении Земли в средней долготе планета, Венера или Меркурий будет всегда на оси, то есть на прямой общего сечения в этом колебательном движении. Она будет иметь наибольшее отклонение, когда Земля обращена к их апогею или перигею; при этом (как уже сказано) Венера будет всегда отклоняться к северу, а Меркурий к югу, в то время как вследствие первого и простого колебания наклона они тогда должны были бы не иметь широты.

Так, например, если среднее положение Солнца будет в апогее Венеры и сама она в том же самом месте, то ясно, что при простом наклоне в первом колебании планета, находясь в общем сечении своей орбиты с плоскостью зодиака, не имела бы тогда никакой широты. Однако второе колебание добавит к ней свою наибольшую девиацию, имея свою ось, или линию сечения по поперечному диаметру эксцентрического круга, пересекающую под прямыми углами ось, проходящую через верхнюю и нижнюю апсиды. Если же планета в то время будет в какой-нибудь из двух четвертей



круга в средних дугах своей орбиты, то ось этого колебания совпадет с линией среднего положения Солнца, и Венера добавит к северному отклонению наибольшую девиацию или отнимет от южного отклонения и сделает 7
его меньшим.

Девиационное колебание указанным образом будет соразмерно движению Земли. Чтобы лучше это понять, возьмем снова Великий круг *abcd* и эксцентрическую орбиту *fgk* Венеры или Меркурия, косо стоящую к кругу *abc* под средним углом наклона; общее их сечение *fg* проходит через апогей *f* орбиты и перигей *g*. Предположим сначала ради удобства доказательства, 8
что эксцентрический круг *gkf* как бы имеет простое и постоянное наклонение, если угодно, среднее между наименьшим и наибольшим, и общее сечение *fg* будет перемещаться только вследствие движения перигея и апогея. Если на нем будет находится Земля, например в *a* или *c*, и на этой же прямой планета, то ясно, что тогда не будет никакой широты, так как вся широта

будет получаться по бокам на полуокружностях gkf и flg, по которым планета уходит к северу или югу, как сказано выше, в зависимости от наклона круга fkg к плоскости зодиака. Это отклонение планеты одни называют обликвацией, другие — рефлексией. Когда Земля будет в b или d, то есть в средних апсидах планеты, то такие же широты будут сверху и снизу по fkg и glf; их называют деклинациями. Таким образом, они скорее по названию, чем по существу, отличаются от первых, с которыми в промежуточных местах смешиваются даже по имени.

Но так как угол наклона этих кругов при обликвации оказывается большим, чем при деклинации, то полагают, что это происходит при помощи некоторого колебательного движения, совершающегося около сечения fg, как оси, соответственно сказанному для верхних планет. Следовательно, если мы для обоих случаев будем знать угол в этом сечении, то по их разности легко определим, какова будет величина колебания от наименьшего до наибольшего.

Теперь представим себе еще другой круг для девиации, наклонный к $gkfl$, гомоцентрический с эксцентром для Венеры и эксцентрический для
9 Меркурия, как будет потом сказано. Пусть rs будет их общим сечением, как бы осью этого колебания, движущейся кругом так, что когда Земля бу-
10 дет в a или c, то планета во всяком положении будет находиться в крайнем пределе девиации, в точке t. На сколько Земля пройдет от a, на столько же, мы будем понимать, планета переместится от t; в это же время будет уменьшаться наклон круга девиации, так что, когда Земля пройдет четверть окружности ab, планета переместится в узел r для этой широты. Но так как в середине колебательного движения обе плоскости совпадут и затем разойдутся в разные стороны, то остальной полукруг девиации, который ранее был южным, прорвется к северу и Венера, вступив на него, возвратится к северу, пренебрегши югом, и в этом колебании никогда не пойдет к югу, тогда как Меркурий, следуя по противоположной стороне, останется всегда южным; он будет также отличаться и тем, что колеблется по кругу не гомоцентрическому с эксцентром, а по эксцентрическому.

Вместо такого круга при объяснении неравенства в движении по долго-
11 те мы пользовались эпициклом. Правда, тогда мы рассматривали долготу без широты, а здесь — широту без долготы; в действительности же их заключает и в равной мере восстанавливает одно и то же обращение. Достаточно ясно, что имеется единственное движение по кругу, являющемуся одновременно эксцентричным и наклонным, и одно и то же колебание, которое может произвести обе разновидности, и, кроме высказанной гипотезы, нет никакой другой, о чем подробнее скажем ниже.

Глава III

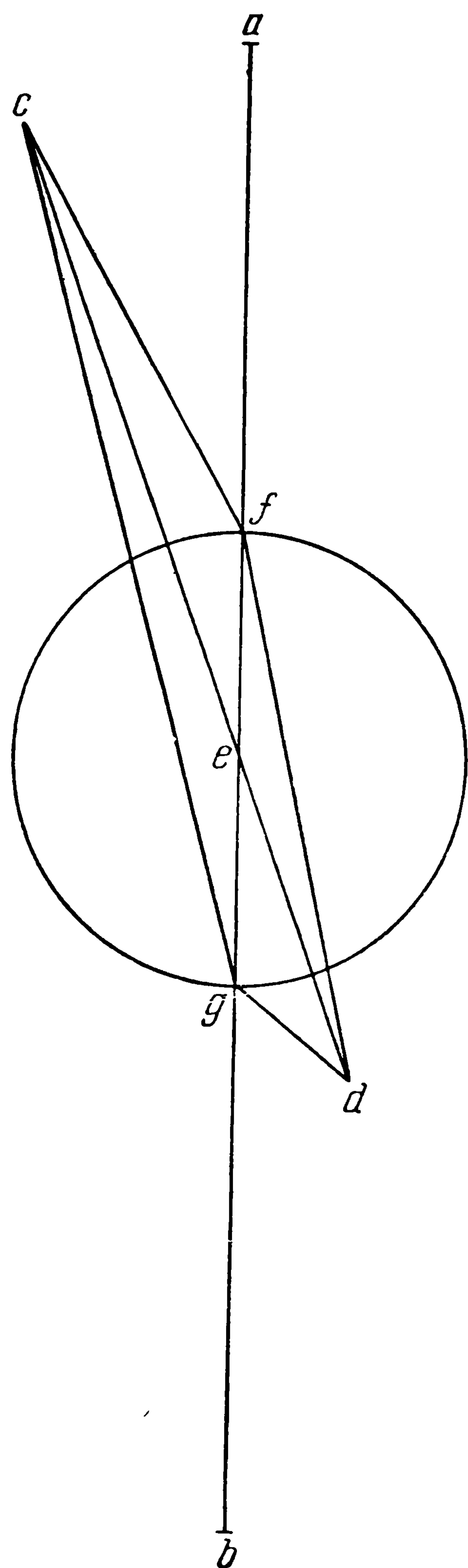
О том, какова величина наклонения орбит Сатурна, Юпитера и Марса

После изложения гипотез об отклонениях пяти планет от зодиакального круга нам нужно перейти к существу дела: рассмотреть каждую планету отдельно и прежде всего определить величины наклонения каждой орбиты; [последние мы вычисляем по большому кругу, проходящему через полюсы наклоненной орбиты и перпендикулярному к проведенному через 12
середины знаков зодиака; по отношению к этому кругу наблюдаются движения светил по широте]. Когда это будет найдено, то перед нами откроется путь к определению широты каждой планеты.

Мы опять начнем с трех верхних планет. Согласно изложению Птолемея в крайних южных пределах широты отклонение Сатурна в противостоянии равно 3 градусам 5 минутам, Юпитера — 2 градусам 7 минутам, Марса — 7 градусам; в противоположных же местах, где они движутся вместе с Солнцем, у Сатурна отклонение равно 2 градусам 3 минутам, у Юпитера — 1 градусу 5 минутам, у Марса не более 5 минут, так что он почти касается зодиакального круга, как можно было заметить при помощи наблюденных Птолемеем широт, вблизи их покрытий и выхождений.

После того как все это изложено, возьмем в плоскости, перпендикуляр- 13
ной к зодиакальному кругу и проходящей через его центр, общие сечения ab с зодиаком и cd с эксцентром какой-нибудь из трех упомянутых выше планет. Пусть эта секущая плоскость пройдет через северный и южный пределы, точка e будет центром зодиака, а feg — диаметром Великого круга. Пусть d будет южная широта, а c — северная; проведем к ним соединительные прямые cf, cg, df, dg. 14

Выше для отдельных планет уже были определены отношения радиуса eg Великого круга Земли к ed — радиусу эксцентра планеты в любых заданных положениях. Из наблюдений же получены места с наибольшими широтами. Следовательно, если дан угол bgd наибольшей южной широты, внешний по отношению к треугольнику egd, то на основании доказанного относительно плоских треугольников будет известен внутренний и противоположный угол ged наибольшего южного наклонения эксцентра к плоскости зодиака. Точно так же при помощи наименьшей южной широты определим наименьшее наклонение, именно угол efd. Так как в треугольнике efd дано отношение сторон ef и ed вместе с углом efd, то мы будем иметь данным внешний угол ged — наименьшее южное наклонение, а отсюда по разности обоих наклонений — величину всего колебания эксцентра по отношению к зодиаку. При помощи этих углов наклонения вычислим в противоположных положениях северные широты, какими, очевидно, будут углы



afc и *egc*; если они будут согласны с наблюденными, то это будет значить, что мы нисколько не ошиблись.

В качестве примера возьмем Марс, вследствие того что он более всех других планет отклоняется по широте. Птолемей наблюдал его наибольшую южную широту равной приблизительно 7 градусам в перигее Марса, а наибольшую северную — 4 градусам 20 минутам в апогее. Мы же, приняв угол *bgd* равным 6 градусам 50 минутам, найдем соответствующий ему угол *afc* равным 4 градусам и приблизительно 30 минутам. Действительно, так как данное отношение *eg* к *ed* будет, как единица к 1;22,26, то из этого и величины угла *bgd* мы найдем угол *deg* наибольшего южного наклонения равным 1 градусу и почти 51 минуте. Итак как отношение *ef* к *ce* будет, как единица к 1;39,57, и угол *cef* равен *deg* — 1 градусу 51 минуте, то отсюда следует, что упомянутый внешний угол *cfa* будет равен 4 $^1/_2$ градуса при нахождении планеты в противостоянии.

Так же в противоположном месте, где она движется вместе с Солнцем, если мы примем угол *dfe* равным 5 минутам, то по заданным сторонам *de* и *ef* вместе с углом *efd* получим угол *edf* равным 4 минутам, а внешний угол *deg* наименьшего наклонения — приблизительно 9 минутам; это откроет нам угол *cge* северной широты, равный приблизительно 6 минутам. Если мы вычтем наименьшее наклонение из наибольшего, то есть 9 минут из 1 градуса и 51 минуты, то останется один градус 42 минуты; это и будет колебание этого наклонения, и половина его равна приблизительно 50$^1/_2$ минуты.

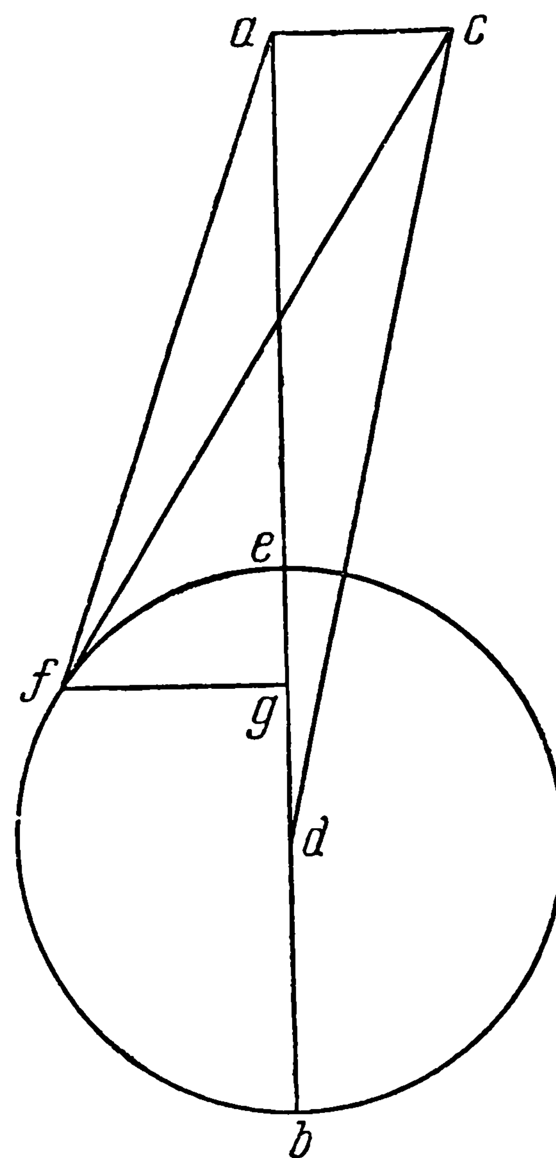
Подобным же образом определятся и углы наклонения с соответствующими широтами для двух других планет — Юпитера и Сатурна; а именно, для Юпитера наибольшее наклонение будет один градус 42 минуты, наименьшее — один градус 18 минут, так что все его колебание будет не более 24 минут. Для Сатурна наибольшее наклонение равно 2 градусам 44 ми-

нутам, наименьшее — 2 градусам 16 минутам; колебание между ними 18 минут. Отсюда при помощи наименьших углов наклонения, получающихся в противоположном месте, где эти планеты скрываются за Солнцем, мы получим отклонения по широте от зодиакального круга: для Сатурна 2 градуса 3 минуты, а для Юпитера 1 градус 6 минут. Это требовалось определить и сохранить для составления помещенных ниже таблиц.

Глава IV

О вычислении широт этих трех светил в других положениях и вообще

Теперь на основании только что доказанного можно будет определять
каждое значение широты трех этих светил и в общем случае. Действитель- 15
но, представим себе, как и раньше, общее сечение *ab* перпендикулярной к зодиаку плоскости, проведенной через пределы крайних отклонений. Пусть северный предел будет в *a*, а общее сечение с орбитой планеты — прямая *cd*, пересекающая *ab* в точке *d*. Из этой точки, как из центра, опишем Великий земной круг *ef* и от точки *e* противостояния отложим какую-нибудь данную дугу *ef*, затем из точек *f* и *c* положения планеты опустим на прямую *ab* перпендикуляры *ca*, *fg* и проведем соединительные прямые *fa*, *fc*. Ищем сначала величину угла *adc* наклонения эксцентра в соответствующем положении. Было показано, что он будет наибольшим, когда Земля находится в точке *e*; также ясно, что все колебание его соразмеряется с обращением Земли по кругу *ef*, отнесенным к диаметру *be*, как этого требует природа колебания. Тогда по заданной дуге *ef* определится отношение *ed* к *eg*; это и будет отношение полной величины колебания к той, на которую только что произошло уменьшение угла *adc*. Вследствие того для рассматриваемого времени будет известным и угол *adc*, так что треугольник *adc* с заданными углами будет данным вместе со всеми его сторонами. Но так как согласно предыдущему отношение *cd* к *ed* дано, то будет данным и отношение *cd* к остатку *dg*, а следовательно, и отношения



cd и ad к той же gd. Отсюда же определится и остающаяся ag в тех же частях, что и fg, ибо последняя представляет половину стягивающей удвоенную дугу ef. Следовательно, по двум заданным сторонам прямоугольного треугольника agf определятся гипотенуза af и отношение af к ac. И, наконец, по двум данным сторонам прямоугольного треугольника acf найдется угол afc, а это и будет искомый угол видимой широты.

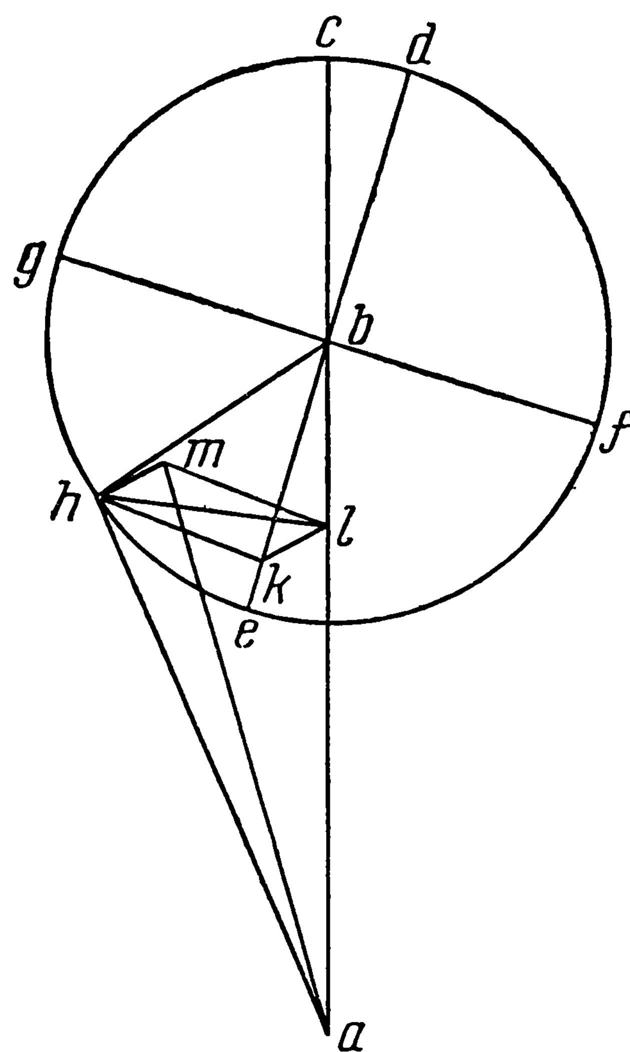
В качестве примера возьмем опять Марс, для которого наибольший предел южной широты будет в окрестности a, что происходит приблизительно в нижней его апсиде. Пусть место планеты будет в c; для положения Земли в точке e было доказано, что угол adc наклонения имел наибольшую величину, а именно 1 градус 50 минут. Положим теперь, что Земля находится в точке f и параллактическое движение по дуге ef равно 45 градусам. Тогда прямая fg будет равна 7071 части, каких в ed содержится 10 000, и остающаяся часть ge радиуса равна 2929 таким же частям. Но было показано, что половина полного колебания угла adc составляет 0 градусов 50 $^1/_2$ минуты, что дает отношение для увеличения и уменьшения в этом месте, а именно как de к dg, так будет примерно и 50 $^1/_2$ к 15. Если мы вычтем это из 1 градуса 50 минут, то останется 1 градус 35 минут, представляющие угол наклонения adc для рассматриваемого момента. Вследствие этого в треугольнике adc будут даны все углы и стороны. И так как выше было показано, что cd составляет 9040 частей, каких в ed содержится 6580, то в fg будет 4653 такие же части, в ad — 9036 частей, в остатке aeg — 4383 части и в ac — 249 $^1/_2$ части. Следовательно, в прямоугольном треугольнике afg перпендикуляр ag равен 4383 частям, а основание fg — 4653 частям, откуда получается гипотенуза af — 6392 части. Наконец, из треугольника acf, имеющего прямой угол caf и данные стороны ac, af, определяется угол acf, равный 2 градусам 15 минутам видимой широты для Земли, находящейся в точке f. Точно так же будем вычислять и для других двух планет — Сатурна и Юпитера.

Глава V

О широтах Венеры и Меркурия

Остаются Венера и Меркурий, движение которых по широте определяется, как мы сказали, при помощи взаимного сложения трех видов отклонений. Так как их следует рассмотреть в отдельности, то мы начнем с того, которое называют деклинацией, поскольку его можно изложить проще других. Ему одному свойственно то, что его иногда можно отделить от
16 остальных. Это бывает в средних долготах и вблизи узлов, когда по уточненным значениям долготы Земля будет находиться на расстоянии в четверть окружности от апогея или перигея планеты. Для него в ближайшем расстоянии Земли были найдены градусы южной и северной широты —

у Венеры 6 градусов 22 минуты, у Меркурия 4 градуса 5 минут, в наиболь-
шем же расстоянии Земли — у Венеры 1 градус 2 минуты, у Меркурия 17
1 градус 45 минут; при их помощи определяются углы наклона в этом по-
ложении по составленным таблицам уравнений. У Венеры в этом месте
получается для наибольшего расстояния от Земли 1 градус 2 минуты, для
наименьшего — 6 градусов 22 минуты и с обеих сторон дуга окружности 18
будет приблизительно $2\,^1/_2$ градуса, у Меркурия же — 1 градус 45 минут в верхней части и 4 градуса 5 минут в нижней и дуга наклона его орбиты 6 градусов с четвертью. Это требует, чтобы угол наклона орбит у Венеры равнялся 2 градусам 30 минутам, а у Меркурия — 6 градусам с четвертью, если 360 считать соответствующими четырем прямым. При помощи этого в упомянутом положении можно определить также и частные значения широты, относящиеся к деклинации, как мы сейчас покажем, и прежде всего для Венеры.



Пусть в нижележащем круге прямая *abc* представляет сечение зодиака с перпендикулярной плоскостью, проведенной через центр, а *dbe* — такое же сечение с плоскостью орбиты Венеры; пусть *a* будет центр Земли, *b* — центр орбиты планеты, а *abe* — угол наклона орбиты к плоскости зодиака. Опишем около *b* орбиту *dfeg* и проведем соединяющую прямую *fbg*, представляющую диаметр, перпендикулярный к диаметру *de*. Представим себе, что плоскость орбиты так расположена по отношению к взятой перпендикулярной плоскости, что проведенные в ней под прямым углом к *de* линии будут также параллельны и плоскости зодиака, но лишь одна прямая *fbg* будет находиться в этой плоскости. Предлагается по данным прямым *ab*, *bc* и углу наклона *abe* определить, насколько планета отклонится по широте, если, например, предположить, что она находится на расстоянии 45 градусов от наиболее близкой к Земле точки *e*. Мы выбрали это, следуя Птолемею, чтобы выявить, не произведет ли наклон орбиты для Венеры и Меркурия какой-нибудь разницы в долготе. Конечно, такие разницы больше всего должны наблюдаться в промежуточных точках между *d*, *f*, *e*, *g*, главным образом потому, что планета, находясь в этих четырех предельных точках, дает те же самые долготы, которые она имела бы и без деклинации, что ясно само по себе.

Итак, возьмем дугу *eh*, равную, как сказано, 45 градусам, и проведем

к *be* перпендикуляр *hk*, а к плоскости зодиака — *kl* и *hm* и соединим прямыми *hb*, *lm*, *am* и *ah*. Мы получим четырехугольник *lkhm*, являющийся и параллелограммом и прямоугольником, поскольку *hk* параллельна плоскости зодиака. Тогда стягивающий эту сторону угол *lam* представляет простаферез долготы, а угол *ham* дает смещение по широте, так как *hm* будет перпендикуляром, опущенным на ту же плоскость зодиака. Поскольку данный угол *hbe* равняется 45 градусам, то *hk* — половина хорды, стягивающей удвоенную дугу *he* — равна 7071 части, каких в *eb* будет 10 000.

Точно так же в треугольнике *kbl* угол *kbl* дан и равен $2^1/_2$ градуса, а *blk* прямой и гипотенуза *bk* равна 7071 части, каких в *be* содержится 10 000. Тогда остальные стороны, выраженные в таких же частях, будут: *kl* — 308 частей и *bl* — 7064. Но так как согласно доказанному ранее *ab* относится к *be* приблизительно, как 10 000 к 7193, то выраженные в таких же частях остальные стороны будут: *hk* — 5086, *hm*, равная *kl*,— 221 и *bl* — 5081. Отсюда остаток *la* получается 4919. Теперь из треугольника *alm* с данными сторонами *al* и *lm*, равной *hk*, и прямым углом *alm* получим гипотенузу *am* — 7075 частей и угол *mal* — 45 градусов 58 минут, представляющий численную величину простафереза или большого параллактического смещения Венеры. Подобно этому из треугольника *mah* с заданными сторонами *am* — 7075 частей и *mh*, равной *kl*, определится равный одному градусу 47 минутам угол *mah* деклинации широты.

Если мы не поленимся рассмотреть, какая разница в долготе получится от наклона орбиты Венеры, то возьмем треугольник *alh*, зная, что *lh* представляет диагональ параллелограмма *lkhm*. Она равна 5091 части, каких в *al* имеется 4919, а угол *alh* прямой; отсюда получится гипотенуза *ah* — 7079. Итак, по заданному отношению сторон угол *hal* получается равным 45 градусам 59 минутам. Но угол *mal*, как доказано, равен 45 градусам 57 минутам; следовательно, наросло примерно две минуты, что и требовалось показать.

В случае Меркурия таким же расчетом деклинации мы найдем широты при помощи чертежа, подобного предыдущему. Полагаем в нем дугу *eh*, равной 45 градусам, так что каждая из прямых *hk*, *kb* содержит по 7071 части, каких в гипотенузе *hb* имеется 10 000. Как можно вывести на основании уже определенных ранее разниц долгот, в этом месте в каждой из *bk* и *kh* будет 2795 таких частей, каких в радиусе *bh* будет 3953, а в *ab* — 9964. И так как угол *abe* наклона, как показано, равен 6 градусам 15 минутам (если считать 360 градусов равными четырем прямым), то из прямоугольного треугольника *bkl* с заданными углами определится основание *kl* — 304 такие же части и перпендикуляр *bl* — 2778 частей; значит, остаток *al* будет 7186 частей. Но *lm* равна *hk* — 2795; следовательно, из треугольника *alm* с прямым углом *l* и двумя заданными сторонами *al*, *lm* определим гипотенузу *am* — 7710 частей и угол *lam* — 21 градус 16 минут; это и будет вычисленный простаферез. Подобным же образом из треугольника *amh* с дву-

мя данными сторонами *am* и *mh*, равной *kl*, заключающими прямой угол *m*, определится угол *mah* искомой широты, равный 2 градусам 16 минутам.

Если захотим определить, сколько относится к истинному и сколько к видимому простаферезу, то возьмем диагональ параллелограмма *lh*, которая по известным сторонам получится у нас равной 2811 частям, и сторону *al* — 7186 частей; они позволят найти угол *lah*, равной 21 градусу 23 минутам и представляющий видимый простаферез; он превышает вычисленный ранее приблизительно на 7 минут, что и требовалось показать.

Глава VI

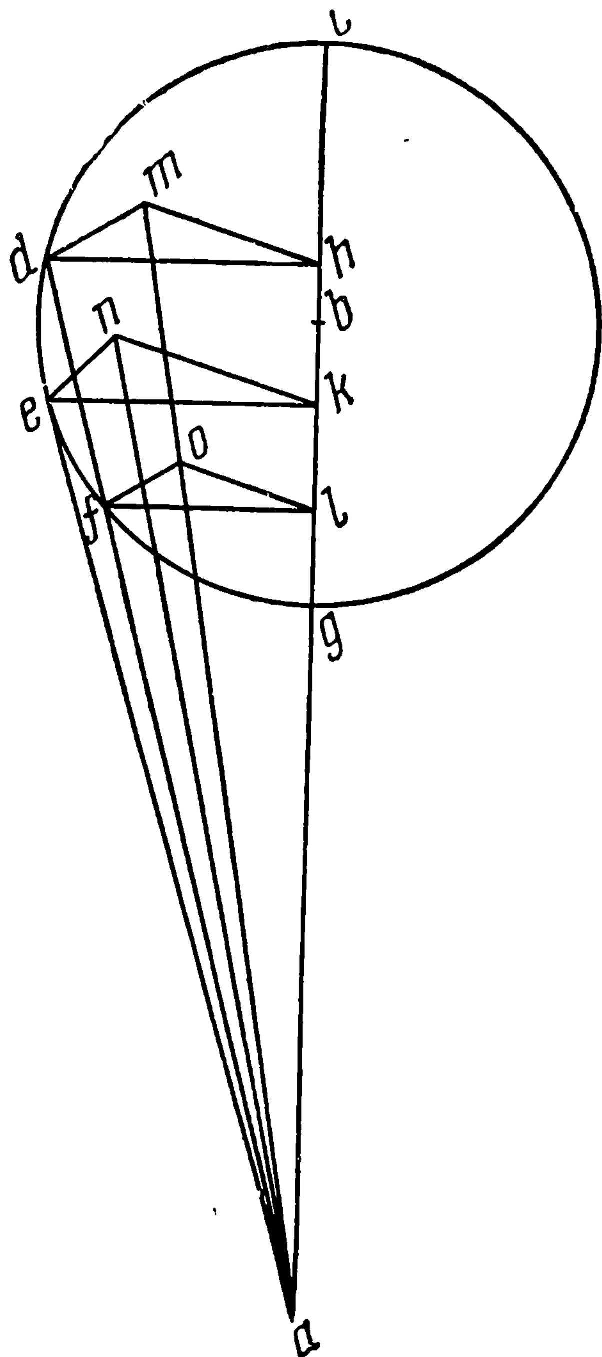
О втором отклонении Венеры и Меркурия по широте вследствие наклонности их орбит в апогее и перигее

Все сказанное относилось к отклонению упомянутых планет по широте, которое происходит около средних долгот их орбит; мы сказали, что получающиеся при этом широты называются деклинациями. Теперь нам нужно говорить о тех, которые получаются в окрестности перигеев и апогеев, к которым примешивается упомянутое третье отклонение девиации, не так, как у трех верхних планет; однако это отклонение при помощи расчета может быть легко найдено и выделено, как следует ниже.

Птолемей наблюдал, что такого рода широты будут наибольшими, когда планеты находятся на касательных к орбите прямых, проведенных из центра Земли, что происходит, как мы сказали, при наибольших утренних и вечерних расстояниях от Солнца. Он нашел, что северные широты Венеры на треть градуса больше, чем южные, а у Меркурия южные приблизительно на полтора градуса больше северных. Но, желая учесть трудности и работу при вычислениях, он взял как бы в среднем по два с половиной градуса широты с обеих сторон на круге, проведенном вокруг Земли перпендикулярно к плоскости зодиака, по которому определяются широты; в частности, он сделал это потому, что счел незаметной ошибку, которая, как мы сейчас покажем, от этого произойдет.

Если мы возьмем с обеих сторон по $2^1/_2$ градуса в качестве отклонений от зодиакального круга и исключим пока девиацию, то наши доказательства при определении отклонений по широте будут проще и легче. Так, прежде всего нужно показать, что соответствующее такой широте отклонение бывает наибольшим около точек касания с эксцентрическим кругом, где будут также наибольшими и простаферезы долготы. Возьмем проходящее через апогей и перигей общее сечение плоскостей зодиака и эксцентрического круга Венеры или Меркурия; пусть на нем место Земли будет *a*, а в *b* — центр эксцентрического круга *cdefg*, наклонного к зодиаку, так

что любые прямые линии, проведенные под прямым углом к *cg*, образуют углы, равные наклону. Проведем также *ae* — касательную к кругу и какую-нибудь секущую *ad*; из точек *d*, *e*, *f* опустим на *cg* перпендикуляры *dh*, *ek*, *fl*, а на плоскость зодиака — *dm*, *en*, *fo* и проведем соединительные прямые *mh*, *nk*, *ol*, а также *an* и *aom*. Линия *aom* будет прямой, так как три ее точки находятся на двух плоскостях, а именно среднего круга зодиака и плоскости *adm*, перпендикулярной к плоскости зодиака. Так как в предложенной обликвации углы *ham* и *kan* долготы представляют простаферезы рассматриваемых планет, а отклонения по широте будут углы *dam* и *ean*, то я утверждаю, во-первых, что соответствующий точке касания угол *ean* широты является наибольшим; здесь будет, пожалуй, наибольшим и простаферез долготы.

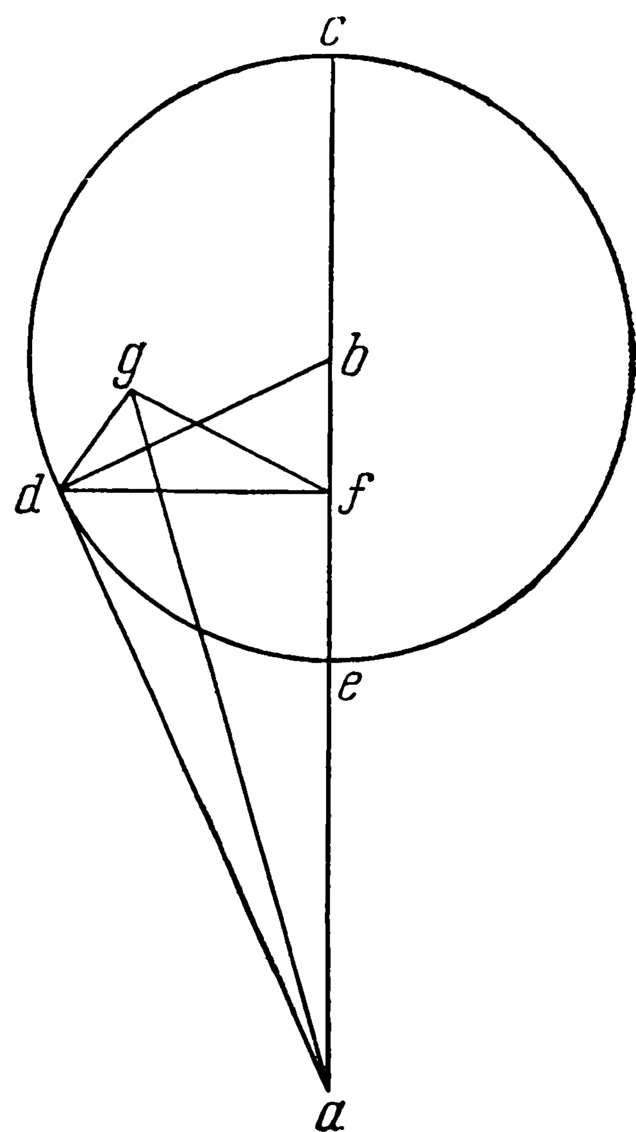


Действительно, так как угол *eak* наибольший из всех подобных, то *ke* будет иметь к *ea* большее отношение, чем каждая из *hd* и *lf* к соответствующим *da* и *fa*. Но как *ek* и *en*, так будет и *hd* к *dm* и *lf* к *fo*, ибо, как мы сказали, стягиваемые ими углы равны, а при *m*, *n*, *o* углы прямые. Следовательно, *ne* имеет к *ea* большее отношение, чем каждая из *md* и *of* к соответствующим *da* и *fa*, опять же углы *dma*, *ena* и *foa* суть прямые; итак, угол *ean* будет больше *dam* и всех других, построенных указанным образом. Отсюда видно, что из получающихся при этой обликвации разностей между простаферезами по долготе наибольшей будет та, которая определится для наибольшего смещения в точке *e*. Действительно, вследствие равенства стягиваемых углов прямые *hd*, *ke* и *lf* будут пропорциональны *hm*, *kn* и *lo*. Поскольку отношение каждой из них к своим отклонениям остается постоянным, то следует, что отклонения *ек* и *kn* имеют к *ea* большее отношение, чем остальные к прямым, подобным *ad*. Отсюда видно также, что отношение наибольшего простафереза по долготе к наибольшему отклонению по широте будет таким же, как у простаферезов по долготе для различных отрезков эксцентра к соответствующим отклонениям по широте, ибо отношение *ke* к *en* будет таким же, как и отношения всех подобных *lf* и *hd* к подобным *fo* и *dm*, что и предлагалось показать.

Глава VII

О том, каковы углы обликваций для каждой планеты — Венеры и Меркурия 19

После этих предварительных замечаний посмотрим, какова будет для
каждой планеты величина угла между ⟨двумя прямыми, проведенными⟩
на этих наклонных плоскостях; при этом мы повторим сказанное ранее,
что каждая из этих планет в противоположных точках своей орбиты
становится севернее или южнее в промежутке пяти градусов между наи-
большим и наименьшим расстояниями, а именно у Венеры прохождение 20
через апогей и перигей эксцентра производит
отклонение без заметной разницы, большее
или меньшее 5 градусов, у Меркурия же на
половину градуса более или менее.



Итак, пусть, как и раньше, *abc* будет об-
щее сечение плоскостей зодиака и эксцентра; 21
описав около центра *b* орбиту планеты, на-
клонную к плоскости зодиака, согласно ска-
занному выше проведем из центра Земли пря-
мую линию *ad*, касающуюся орбиты в точке
d; из этой точки опустим перпендикуляры: *df*
на прямую *cbe* и *dg* на нижележащую плос-
кость зодиака — и проведем соединитель-
ные прямые *bd*, *fg*, *ag*. Примем также, что
dag представляет угол, заключающий поло-
вину указанной разности по широте для каж-
дой планеты, а именно $2^1/_2$ градуса, если
считать 360 за четыре прямых. Предлагает-
ся определить величину скоса плоскостей 22
для каждой планеты, иными словами, вели-
чину угла *dfg*.

Так как для планеты Венеры показано, 23
что если радиус орбиты равен 7193 частям,
то наибольшее расстояние в апогее составляет 10 208, а наименьшее в
перигее — 9792 части и среднее между ними будет 10 000 частей, как
захотелось принять в этом доказательстве Птолемею, желающему учесть
трудности и стремившемуся, насколько возможно, к краткости (ибо, где
между крайними пределами не имеется заметной разницы, безопаснее
придерживаться средних); следовательно, отношение *ab* к *bd* будет, как у
10 000 к 7193, и угол *adb* прямой; тогда длина стороны *ad* получится равной
6947 частям. Подобным же образом, поскольку *ba* к *ad* будет как *bd* к *df*,
мы получим длину *df* равной 4997 частям. Далее, так как угол *dag*

полагается равным $2^1/_2$ градуса, а *agd* прямой, то в треугольнике с данными углами сторона *dg* будет иметь 303 части, каких в *ad* будет 6947.

Таким образом, известны две стороны *df*, *dg* и угол *dgf* прямой; тогда угол *dfg* наклона или обликвации будет 3 градуса 29 минут. А так как избыток угла *daf* по отношению к *fag* содержит разность, получившуюся вследствие параллактического смещения по долготе, то отсюда при помощи полученных величин следует определить и ее.

Действительно, если *dg* имеет 303 части, как было показано, то гипоте-
24 нуза *ad* содержит их 6947, а *df* — 4997; если квадрат на *dg* вычесть из квадратов на *ad* и *fd*, то останутся квадраты на *ag* и *gf*; следовательно,
25 будут даны длины: *ag* — 6940 и *fg* — 4988 частей. Но если принять *ag* за 10 000 частей, то *fg* будет равна 7187, а угол *fag* — 45 градусам 57 минутам; если же *ad* будет 10 000, то *df* будет 7193 и угол *daf* приблизительно 46 градусов.

Таким образом, когда обликвация является наибольшей, то у простафереза параллактического движения будет недоставать почти 3 минут. Но было установлено, что посередине между апсидами угол наклона орбит был 2 градуса с половиной; здесь же нарос почти целый градус,
26 который получился от упомянутого выше первого колебательного движения.

Для Меркурия доказательство ведется таким же образом. Если радиус
27 орбиты равняется 3573 частям, то наибольшее расстояние орбиты от Земли будет 10 948, наименьшее — 9052 такие же части и среднее между ними — 10 000. Сама же *ab* имеет к *bd* отношение, как 10 000 к 3573; следовательно, третья их этих сторон *ad* получится равной 9340 частям, а так как *ab* отно-
28 сится к *ad*, как *bd* к *df*, то, значит, длина *df* будет равна 3337 таким же частям. И так как угол *dag* широты полагается равным $2^1/_2$ градуса, то *dg* будет тоже равна 407 частям, каких в *df* будет 3337. Таким образом, из треугольника *dfg* с данным отношением двух упомянутых сторон и прямым углом *g* получим угол *dfg*, равный приблизительно 7 градусам. Это и будет угол наклона, или скоса орбиты Меркурия к плоскости зодиака. Но для средних долгот или четверти круга было доказано, что упомянутый угол
29 наклона равнялся 6 градусам 15 минутам; следовательно, от первого колебания теперь прибавилось 45 минут.

Подобно этому для определения углов простафереза и их разности можно заметить, что, как показано, прямая *dg* содержит 407 таких частей, каких в *ad* будет 9340 и в *df* — 3337. Следовательно, если квадрат на *dg* вычтем из квадратов на *ad* и *df*, то в остатке получатся квадраты на *ag* и *fg*; значит, мы будем иметь, что длина *ag* равна 9331 части, а *fg* — 3314 частям, откуда определяется угол *gaf* простафереза 20 градусов 48 минут; угол же *daf* равен 20 градусам 56 минутам; таким образом, получающийся вследствие обликвации первый угол будет меньше второго примерно на 8 минут.

Теперь еще остается посмотреть, будут ли в наибольшем и наименьшем расстоянии орбиты определенные углы обликваций и значения широты соответствовать получающимся из наблюдений. Для этого еще раз на том же самом чертеже положим сначала для наибольшего расстояния орбиты Венеры, что отношение ab к bd будет, как 10 208 к 7193; так как угол 30
adb прямой, то длина ad равна 7238 таким же частям, а вследствие отношения ab к ad, как bd к df, длина df будет равна 5102 таким же частям; но угол скоса dfg найден равным 3 градусам 29 минутам; последняя сторона dg будет 309 таких частей, каких в ad содержится 7238.

Итак, если ad равнялась бы 10 000, то в dg таких частей было бы 427, откуда заключается, что в наибольшем расстоянии от Земли угол dag равен 2 градусам 27 минутам. В наименьшем же расстоянии, если радиус bd орбиты будет 7193, то ab равна 9792 таким частям, а перпендикуляр к ней ad — 6644 частям; подобно предыдущему, как ab к ad так будет и bd к df; тогда, длина df будет равняться 4883 таким же частям. Но угол dfg положен равным 3 градусам 29 минутам; следовательно dg дается равной 297 таким частям, каких в ad будет 6644. И вследствие этого из треугольника с данными сторонами определяется угол dag, равный 2 градусам 34 минутам. Но ни 3, ни 4 минуты не являются настолько большими, чтобы их можно было взять при помощи астролябических инструментов; поэтому предположенное ранее максимальное отклонение по широте для планеты Венеры будет вполне достаточным.

Затем возьмем наибольшее расстояние орбиты Меркурия, то есть отношение ab к ad, как 10 948 к 3573; тогда при помощи подобных предыдущим
вычислений найдем, что ad будет равно 9452 частям, а df — 3085. Но задан- 31
ный угол dfg обликвации равен и здесь 7 градусам; вследствие этого прямая dg будет равна 376 таким частям, каких в df содержится 3085 или в da — 9452. Таким образом, из прямоугольного треугольника dag с данными сторонами получаем угол dag наибольшего отклонения по широте равным приблизительно 2 градусам 17 минутам. В наименьшем же расстоянии отношение ab к bd полагается равным 9052 к 3573; поэтому ad будет равна 8317 таким же частям, а df — 3283. Но так как при той же обликвации отношение df к dg оказывается равным 3283 к 400, если ad равна 8317 таким же частям, то отсюда угол dag будет 2 градуса 45 минут. Следовательно, и в этом случае от принятого также и здесь среднего смещения по широте $2^1/_2$ градуса найденный угол в апогее отличается на самую меньшую величину 13 минут, в перигее самое большее на 15 минут; поскольку мы не имеем ощутительной разницы с наблюдениями, то вместо них при вычислении будем пользоваться средней величиной в четверть одного градуса.

После того как доказано это, а также, что в одинаковом отношении находятся наибольшие простаферезы долготы к наибольшему смещению по широте и в остальных сечениях орбиты — градусы простаферезов к соответствующим отклонениям по широте, у нас будут в руках все числовые

данные для широт, получающихся от наклона орбит Венеры и Меркурия, но только те, которые получаются (как мы сказали) в среднем между апогеем и перигеем. Из них согласно доказанному наибольшая широта будет $2^1/_2$ градуса, наибольший же простаферез для Венеры будет 46 градусов, а для Меркурия приблизительно 22. В таблицах неравномерных движений мы уже имеем простаферезы, соответствующие отдельным отрезкам орбиты. Если какой-нибудь из них будет меньше наибольшего, такую же пропорциональную ему часть мы возьмем для каждой планеты от упомянутых $2^1/_2$ градуса; при составлении таблиц ее мы напишем при соответствующем числе, и таким образом будем иметь частные значения широт для обликваций, вычисленные для нахождения Земли в верхней и нижней апсидах орбит этих планет, подобно тому как мы получили широты для деклинаций в средних долготах и промежуточных квадрантах.

На основании предложенной гипотезы относительно круговых орбит можно при некотором математическом искусстве получить данные и относительно того, что происходит между четырьмя упомянутыми пунктами, но только не без труда. Птолемей, который всегда старался насколько возможно сокращать, видя, что оба вида этих широт целиком и во всех своих частях пропорционально возрастают и убывают, наподобие лунной широты, умножил все числа ее градусов на двенадцать, так как наибольшая широта Луны равна пяти градусам, что представляет двенадцатую долю от шести —
32 десяти, и построил на их основании пропорциональные минуты, которыми он считал возможным пользоваться не только для двух рассматриваемых планет, но даже и для трех верхних, как будет выяснено ниже.

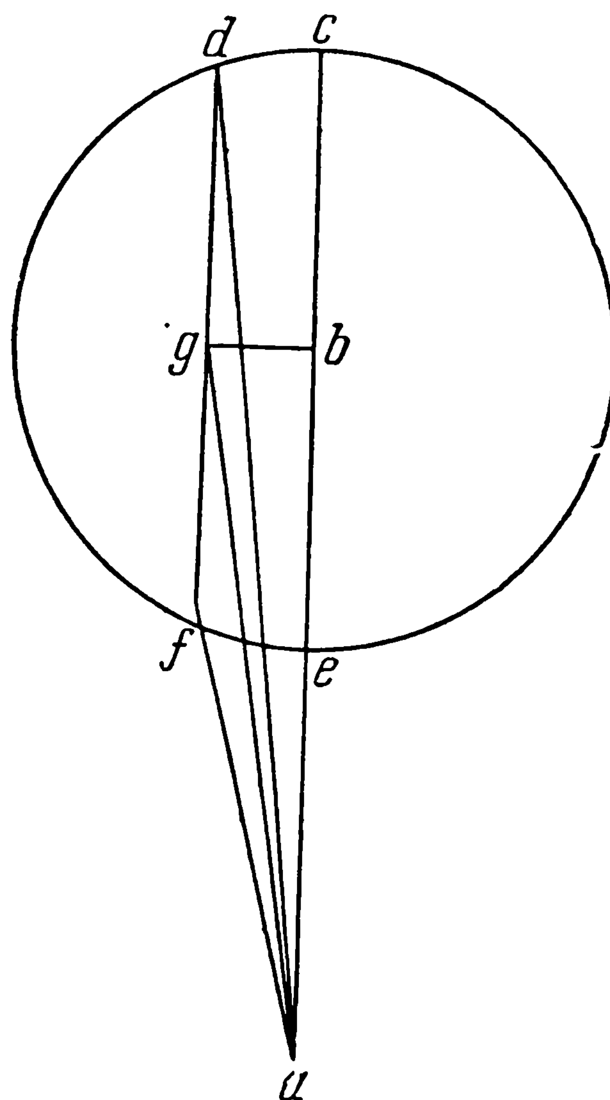
Глава VIII

О третьем виде широты Венеры и Меркурия, который называют девиацией

Изложив все это, мы еще должны сказать кое-что о третьем движении по широте, которое называется девиацией. Более древние ученые, которые удерживают Землю в центре мира, полагают, что оно происходит вследствие одновременного деклинационного движения эксцентра вместе с эпициклом вокруг центра Земли; это движение замечается главным образом при нахождении эпицикла в апогее или перигее — для Венеры всегда на шестую часть градуса к северу, для Меркурия же всегда на три четверти градуса к югу, как мы сказали раньше. Однако не совсем ясно, считают ли эти ученые такой наклон орбит постоянным и всегда тем же самым; впрочем, на это указывают их числовые данные, поскольку они велят для девиации Венеры брать всегда шестую часть пропорциональных минут, для Меркурия же три четверти. Это может иметь место только в том случае,

если угол наклона всегда остается одним и тем же, как этого требует вычисление упомянутых пропорциональных минут, на котором они основываются.

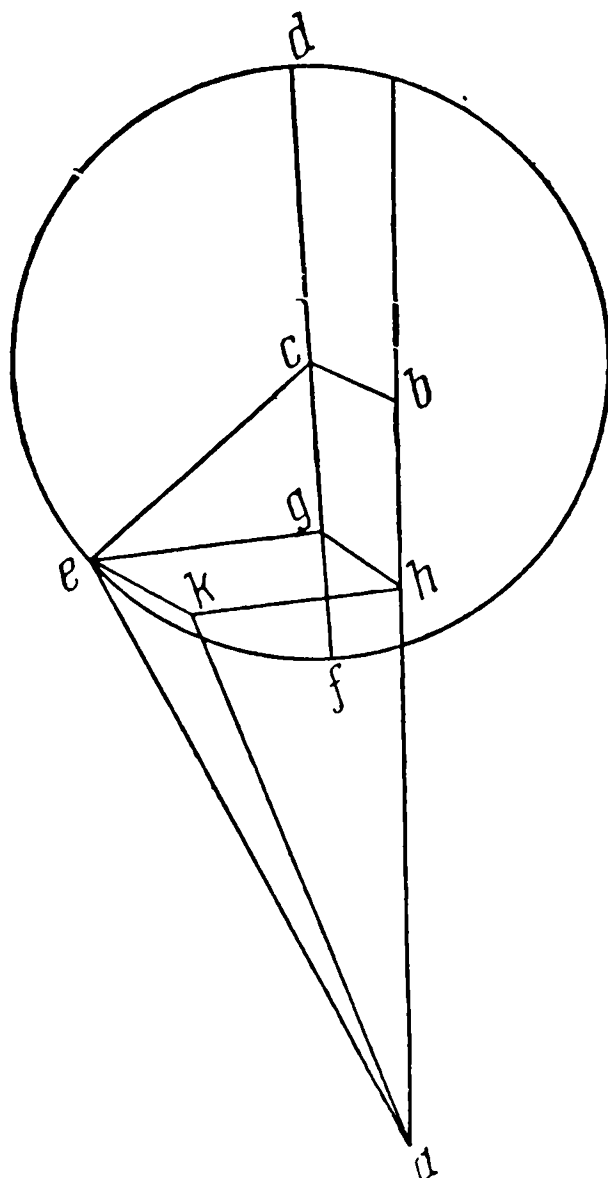
Однако при остающемся постоянном угле нельзя понять, каким образом эта широта упомянутых планет внезапно отскакивает от общего сечения на ту же самую широту, которую планета только что оставила; разве только ты скажешь, что это делается наподобие отражения света, как в оптике. 33
Однако здесь мы говорим о движении, которое не является мгновенным,



но по самой своей природе соизмеримо со временем. Следовательно, приходится признать, что упомянутым планетам присуще колебательное движение, которое заставляет градусы окружности измениться на прямо противоположные, как мы уже изложили; ввести это движение даже необходимо для того, чтобы соответствующие числовые значения отличались для Меркурия на пятую часть градуса. Этому тем меньше приходится удивляться, что согласно также и нашей гипотезе этот вид широты будет изменяющимся и не таким уж простым, но, однако, не производящим заметную ошибку; эта широта во всех своих различиях может быть определена следующим образом.

Возьмем в нижележащей плоскости, перпендикулярной к зодиаку, линию общего с ним сечения; пусть на ней a будет центром Земли, b — центром 34

орбиты в наибольшем или наименьшем расстоянии от Земли ⟨и круга⟩ *cdf*, как бы проходящего через полюсы самой наклонной орбиты. И так как в апогее и перигее, то есть при нахождении центра орбиты на *a b*, планета будет в наибольшей девиации, где бы она ни находилась на круге, параллельном орбите, и *df* будет диаметр параллельного круга и сам параллельный к диаметру *cbe* орбиты, то берутся их общие сечения с плоскостью

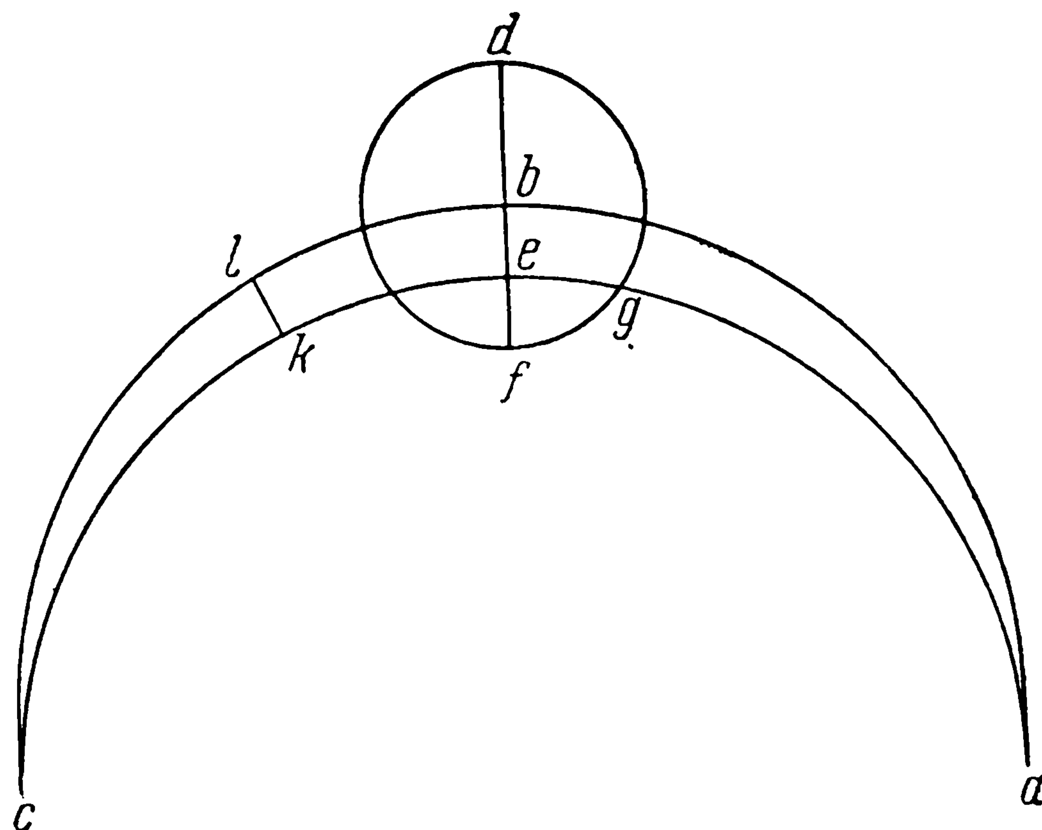


cdf, к которой они перпендикулярны. Разделим *df* в *g* пополам (*g* будет центром параллельного круга) и проведем соединительные прямые *bg*, *ag*, *ad* и *af*; угол *bag* положим равным шестой части градуса, как в наибольшей девиации Венеры; тогда в треугольнике *abg* с прямым углом *b* мы имеем отношение сторон *ab* и *bg*, как 10 000 к 29. Но вся *abc* равна 17 193 таким же частям, а остаток *ae* — 2807, половины же хорд, стягивающих удвоенные *cd* и *ef*, будут равны *bg*. Следовательно, угол *cad* будет равен 6 минутам, а *eaf* — приблизительно 15 минутам; они отличаются от угла *bag* один только на 4, а другой на 5 минут, которыми большей частью можно по малости пренебречь. Таким образом, видимая девиация Венеры при нахождении Земли в ее апогее или перигее будет немного больше или меньше 10 минут, в какой бы части своей орбиты планета ни находилась.

Для Меркурия же, если мы положим угол *bag* равным трем четвертям градуса и отношение *ab* к *bg* равным 10 000 к 131, а *abc* равным 13 573 и

остаток ae — 6427, угол cad будет иметь 33 минуты, а eaf — почти 70 ми- 36
нут. Следовательно, в одном случае недостает 12 минут, во втором имеются 25 минут лишних, но эти разности почти совершенно уничтожатся в лучах Солнца, прежде чем Меркурий станет видимым нашему глазу; поэтому древние брали только видимую его девиацию, считая ее как бы простой. 37

Если бы кто-нибудь все-таки, ничуть не боясь труда, захотел точно рассчитать движения Меркурия, скрытого Солнцем, то мы следующим образом покажем, как это делается. В качестве примера сделаем это для Меркурия, так как он производит более заметную девиацию, чем Венера.



Пусть ab будет прямая линия в общем сечении орбиты планеты и зодиака, а Земля a находится в апогее или перигее орбиты планеты. Линию ab будем полагать без различия всегда равной 10 000 частям, беря как бы среднюю длину между наибольшей и наименьшей, как мы делали относительно обликвации. Опишем круг def с центром в c, параллельный эксцентрическому кругу и на расстояние cb от него удаленный, и будем полагать, что планета на этом параллельном круге имеет наибольшую девиацию; пусть dcf будет диаметр этого круга, который необходимо будет параллельным ab, причем обе линии находятся в одной плоскости, перпендикулярной к орбите планеты. Примем, что дуга ef равна, например, 45 градусам, и будем искать для нее девиацию планеты. Проведем перпендикуляры eg к cf и
ek, gh на лежащую ниже плоскость орбиты; соединяющая hk дополнит 38
прямоугольный параллелограмм; проведем также соединительные прямые ae, ak, ec. Так как для Меркурия bc в наибольшей девиации равна 131 части, каких в ab содержится 10 000, а в ce — 3573, и в прямоугольном треугольнике все углы даны, то сторона eg или kh будет равна 2526 таким же частям; после отнятия bh, равной eg или cg, останется ah, равная 7474.

Тогда в треугольнике ahk с заданными сторонами, заключающими прямой угол h, гипотенуза ak будет равна 7889; но прямая, равная cb или gh по предположению содержит 131 такую часть; следовательно, и в треугольнике ake с двумя данными сторонами ak, ke, заключающими прямой угол k, будет известен угол kae, соответствующий искомой девиации для взятой дуги ef, что мало отличается от наблюденных. Так же мы поступим и для других дуг, и по отношению к Венере, и числа поместим в нижеследующей таблице.

Когда это будет вычислено, то для точек орбиты, находящихся между указанными пределами, мы приспособим шестидесятые доли, или пропорциональные минуты. Пусть abc будет окружность эксцентрической орбиты Венеры или Меркурия, точки a и c — узлы для этого вида широты, а b — предельное положение наибольшей девиации; вокруг центра b опишем небольшой круг dfg, поперечный диаметр которого будет dbf; по этому диаметру и совершается колебательное движение девиации. Мы положим, что при нахождении Земли в перигее или апогее эксцентрической орбиты планеты сама планета совершает наибольшую девиацию; это соответствует точке f, где круг, несущий планету, будет тогда касаться малого круга. Пусть теперь Земля будет сколько-нибудь отстоять от апогея или перигея эксцентрической орбиты планеты; в соответствии с этим расстоянием возьмем подобную дугу fg малого круга и опишем круг agc, несущий планету и пересекающий диаметр df в точке e. Предположим, что на этом круге планета находится в k и дуга ek согласно предположению подобна fg; проведем kl перпендикулярно к кругу abc. Требуется по fg, ek и be определить величину kl, то есть расстояние планеты от окружности abc. При помощи дуги fg определится eg, как бы прямая, мало отличающаяся от окружности или вогнутой, а также ef в тех же частях, в которых выражены bf и остаток be (ибо bf относится к be, как стягивающая удвоенную четверть круга ce к стягивающей удвоенную дугу ck; так же будет относиться и be к kl). Таким образом, если bf и радиус дуги ce мы положим равными 60, то, помножив число, выражающее be, на самого себя и разделив полученное
39 на 60, найдем kl — пропорциональные минуты для дуги ek; их мы также поместим в пятом и последнем столбце следующей таблицы.

Широта Сатурна, Юпитера и Марса. 40

Общие числа	Широта Сатурна		Широта Юпитера		Широта Марса		Пропорциональные доли
	северная	южная	северная	южная	северная	южная	
град град	*град мин*	*град мин*	*град мин*	*град мин*	*град мин*	*град мин*	*мин сек*
3 357	2 3	2 2	1 6	1 5	0 6	0 5	59 48
6 354	2 4	2 2	1 7	1 5	0 7	0 5	59 36
9 351	2 4	2 3	1 7	1 5	0 9	0 6	59 6
12 348	2 5	2 3	1 8	1 6	0 9	0 6	58 36
15 345	2 5	2 3	1 8	1 6	0 10	0 8	57 48
18 342	2 6	2 3	1 8	1 6	0 11	0 8	57 0
21 339	2 6	2 4	1 9	1 7	0 12	0 9	55 48
24 336	2 7	2 4	1 9	1 7	0 13	0 9	54 36
27 333	2 8	2 5	1 10	1 8	0 14	0 10	53 18
30 330	2 8	2 5	1 10	1 8	0 14	0 11	52 0
33 327	2 9	2 6	1 11	1 9	0 15	0 11	50 12
36 324	2 10	2 7	1 11	1 9	0 16	0 12	48 24
39 321	2 10	2 7	1 12	1 10	0 17	0 12	46 24
42 318	2 11	2 8	1 12	1 10	0 18	0 13	44 24
45 315	2 11	2 9	1 13	1 11	0 19	0 15	42 12
48 312	2 12	2 10	1 13	1 11	0 20	0 16	40 0
51 309	2 13	2 11	1 14	1 12	0 22	0 18	37 36
54 306	2 14	2 12	1 14	1 13	0 23	0 20	35 12
57 303	2 15	2 13	1 15	1 14	0 25	0 22	32 36
60 300	2 16	2 15	1 16	1 16	0 27	0 24	30 0
63 297	2 17	2 16	1 17	1 17	0 29	0 25	27 12
66 294	2 18	2 18	1 18	1 18	0 31	0 26	24 24
69 291	2 20	2 19	1 19	1 19	0 33	0 29	21 21 *
72 288	2 21	2 21	1 21	1 21	0 35	0 31	18 18
75 285	2 22	2 22	1 22	1 22	0 37	0 34	15 15
78 282	2 24	2 24	1 24	1 24	0 40	0 37	12 12
81 279	2 25	2 26	1 25	1 25	0 42	0 39	9 9
84 276	2 27	2 27	1 27	1 27	0 45	0 41	6 24
87 273	2 28	2 28	1 28	1 28	0 48	0 45	3 12
90 270	2 30	2 30	1 30	1 30	0 51	0 49	0 0

* Торнское издание, «24».

Широта Сатурна, Юпитера и Марса

Общие числа		Широта Сатурна				Широта Юпитера				Широта Марса				Пропорциональные доли	
		северная		южная		северная		южная		северная		южная			
град	*град*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*град*	*мин*	*мин*	*сек*
93	267	2	31	2	31	1	31	1	31	0	55	0	52	3	12
96	264	2	33	2	33	1	33	1	33	0	59	0	56	6	24
99	261	2	34	2	34	1	34	1	34	1	2	1	0	9	9
102	258	2	36	2	36	1	36	1	36	1	6	1	4	12	24
105	255	2	37	2	37	1	37	1	37	1	11	1	8	15	24
108	252	2	39	2	39	1	39	1	39	1	15	1	12	18	24
111	249	2	40	2	40	1	40	1	40	1	19	1	17	21	24
114	246	2	42	2	42	1	42	1	42	1	25	1	22	24	24
117	243	2	43	2	43	1	43	1	43	1	31	1	28	27	12
120	240	2	45	2	45	1	45	1	44	1	36	1	34	30	0
123	237	2	46	2	46	1	46	1	46	1	41	1	40	32	36
126	234	2	47	2	48	1	47	1	47	1	47	1	47	35	12
129	231	2	49	2	49	1	49	1	49	1	54	1	55	37	36
132	228	2	50	2	51	1	50	1	51	2	2	2	5	40	6
135	225	2	52	2	53	1	51	1	53	2	10	2	15	42	12
138	222	2	53	2	54	1	52	1	54	2	19	2	26	44	24
141	219	2	54	2	55	1	53	1	55	2	29	2	38	46	24
144	216	2	55	2	56	1	55	1	57	2	37	2	48	48	24
147	213	2	56	2	57	1	56	1	58	2	47	3	4	50	12
150	210	2	57	2	58	1	58	1	59	2	51	3	20	52	0
153	207	2	58	2	59	1	59	2	1	3	12	3	32	53	18
156	204	2	59	3	0	2	0	2	2	3	23	3	52	54	36
159	201	2	59	3	1	2	1	2	3	3	34	4	13	55	48
162	198	3	0	3	2	2	2	2	4	3	46	4	36	57	0
165	195	3	0	3	2	2	2	2	5	3	57	5	0	57	48
168	192	3	1	3	3	2	3	2	5	4	9	5	23	58	36
171	189	3	1	3	3	2	3	2	6	4	17	5	48	59	6
174	186	3	2	3	4	2	4	2	6	4	23	6	15	59	36
177	183	3	2	3	4	2	4	2	7	4	27	6	35	59	48
180	180	3	2	3	5	2	4	2	7	4	30	6	50	60	0

Широты Венеры и Меркурия

Общие числа	Венеры			Меркурия			Пропорциональные доли девиации
	деклинация	обликвация	девиация	деклинация	обликвация	девиация	
град град	*град мин*	*град мин*	*град мин*	*град мин*	*град мин*	*град мин*	*мин сек*
3 357	1 2	0 4	0 7	1 45	0 5	0 33	59 36
6 354	1 2	0 8	0 7	1 45	0 11	0 33	59 12
9 351	1 1	0 12	0 7	1 45	0 16	0 33	58 25
12 348	1 1	0 16	0 7	1 44	0 22	0 33	57 14
15 345	1 0	0 21	0 7	1 44	0 27	0 33	55 41
18 342	1 0	0 25	0 7	1 43	0 33	0 33	54 9
21 339	0 59	0 29	0 7	1 42	0 38	0 33	52 12
24 336	0 59	0 33	0 7	1 40	0 44	0 34	49 43
27 333	0 58	0 37	0 7	1 38	0 49	0 34	47 21
30 330	0 57	0 41	0 8	1 36	0 55	0 34	45 4
33 327	0 56	0 45	0 8	1 34	1 0	0 34	42 0
36 324	0 55	0 49	0 8	1 30	1 6	0 34	39 15
39 321	0 53	0 53	0 8	1 27	1 11	0 35	35 53
42 318	0 51	0 57	0 8	1 23	1 16	0 35	32 51
45 315	0 49	1 1	0 8	1 19	1 21	0 35	29 41
48 312	0 46	1 5	0 8	1 15	1 26	0 36	26 40
51 309	0 44	1 9	0 8	1 11	1 31	0 36	23 34
54 306	0 41	1 13	0 8	1 8	1 35	0 36	20 39
57 303	0 38	1 17	0 8	1 4	1 40	0 37	17 40
60 300	0 35	1 20	0 8	0 59	1 44	0 38	15 0
63 297	0 32	1 24	0 8	0 54	1 48	0 38	12 20
66 294	0 29	1 28	0 9	0 49	1 52	0 39	9 55
69 291	0 26	1 32	0 9	0 44	1 56	0 39	7 38
72 288	0 23	1 35	0 9	0 38	2 0	0 40	5 39
75 285	0 20	1 38	0 9	0 32	2 3	0 41	3 57
78 282	0 16	1 42	0 9	0 26	2 7	0 42	2 34
81 279	0 12	1 46	0 9	0 21	2 10	0 42	1 28
84 276	0 8	1 50	0 10	0 16	2 14	0 43	0 40
87 273	0 4	1 54	0 10	0 8	2 17	0 44	0 10
90 270	0 0	1 57	0 10	0 0	2 20	0 45	0 0

Широты Венеры и Меркурия

Общие числа	Венеры			Меркурия			Пропорциональные доли девиации
	деклинация	обликвация	девиация	деклинация	обликвация	девиация	
град град	*град мин*	*град мин*	*град мин*	*град мин*	*град мин*	*град мин*	*мин сек*
93 267	0 5	2 0	0 10	0 8	2 23	0 45	0 10
96 264	0 10	2 3	0 10	0 15	2 25	0 46	0 40
99 261	0 15	2 6	0 10	0 23	2 27	0 47	1 28
102 258	0 20	2 9	0 11	0 31	2 28	0 48	2 34
105 255	0 26	2 12	0 11	0 40	2 29	0 48	3 57
108 252	0 32	2 15	0 11	0 48	2 29	0 49	5 39
111 249	0 38	2 17	0 11	0 57	2 30	0 50	7 38
114 246	0 44	2 20	0 11	1 6	2 30	0 51	9 55
117 243	0 50	2 22	0 11	1 16	2 30	0 52	12 20
120 240	0 59	2 24	0 12	1 25	2 29	0 52	15 0
123 237	1 8	2 26	0 12	1 35	2 28	0 53	17 40
126 234	1 18	2 27	0 12	1 45	2 26	0 54	20 39
129 231	1 28	2 29	0 12	1 55	2 23	0 55	23 34
132 228	1 38	2 30	0 12	2 6	2 20	0 56	26 40
135 225	1 48	2 30	0 13	2 16	2 16	0 57	29 41
138 222	1 59	2 30	0 13	2 27	2 11	0 57	32 51
141 219	2 11	2 29	0 13	2 37	2 6	0 58	35 53
144 216	2 25	2 28	0 13	2 47	2 0	0 59	39 15
147 213	2 43	2 26	0 13	2 57	1 53	1 0	42 0
150 210	3 3	2 22	0 13	3 7	1 46	1 1	45 4
153 207	3 23	2 18	0 13	3 17	1 38	1 2	47 21
156 204	3 44	2 12	0 14	3 26	1 29	1 3	49 43
159 201	4 5	2 4	0 14	3 34	1 20	1 4	52 12
162 198	4 26	1 55	0 14	3 42	1 10	1 5	54 9
165 195	4 49	1 42	0 14	3 48	0 59	1 6	55 41
168 192	5 13	1 27	0 14	3 54	0 48	1 7	57 14
171 189	5 36	1 9	0 14	3 58	0 36	1 7	58 25
174 186	5 52	0 48	0 14	4 2	0 24	1 8	59 12
177 183	6 7	0 25	0 14	4 4	0 12	1 9	59 6
180 180	6 22	0 0	0 14	4 5	0 0	1 10	60 0

Глава IX

О вычислении широт пяти планет

Способ вычисления широт пяти планет по этим таблицам таков. Для Сатурна, Юпитера и Марса мы сопоставляем с общими числами определенную, или уравненную, эксцентрическую аномалию, причем для Марса свою, какая была, для Юпитера предварительно вычтя 20 градусов, для Сатурна же прибавив 50 градусов; отмечаем получающиеся при этом шестидесятые части, или пропорциональные минуты, помещенные в последнем столбце. Подобно этому, имея определенную параллактическую аномалию, мы берем для каждого числа соответствующую широту, первую и северную, если пропорциональные минуты будут верхними, что имеет место, когда эксцентрическая аномалия меньше 90 или больше 270 градусов, или южную и вторую, если пропорциональные минуты будут нижними, то есть если в эксцентрической аномалии (с какой мы входим) будет более 90 и менее 270 градусов. Если каждую из этих широт мы умножим на ее шестидесятые минуты, то получится расстояние от зодиакального круга к северу или югу в зависимости от наименования взятых кругов. 41

Для Венеры и Меркурия при помощи определенной параллактической аномалии прежде всего нужно найти три получающиеся широты — деклинации, обликвации и девиации, которые пишутся особо, только для Меркурия нужно отбросить десятую часть обликвации, если эксцентрическая аномалия и ее число находятся в верхней части таблицы, или столько же приложить, если они будут в нижней, и полученную разность или сумму сохранить. Нужно, конечно, различать их названия, будут ли они северными или южными, так как, если определенная параллактическая аномалия будет в апогейном полукруге, то есть меньше 90 или больше 270 градусов, а эксцентрическая аномалия меньше полуокружности (или обратно, если параллактическая аномалия будет в перигейной полуокружности, то есть более 90 и менее 270 градусов, а эксцентрическая аномалия больше полуокружности), деклинация Венеры будет северной, а Меркурия — южной. Если при нахождении параллактической аномалии в перигейной дуге эксцентрическая аномалия будет меньше полукруга или если параллактическая аномалия будет в апогейной части, а эксцентрическая больше полукруга, то, наоборот, деклинация Венеры будет южной, а Меркурия — северной. Если параллактическая аномалия меньше полукруга, а эксцентрическая аномалия будет апогейной или если параллактическая аномалия больше полукруга, а эксцентрическая аномалия перигейная, то обликвация Венеры будет северной, а Меркурия — южной; в противоположных случаях будет обратное. Девиации же всегда остаются у Венеры северными, у Меркурия — южными. 42

Затем по определенной эксцентрической аномалии берутся пропорциональные минуты, общие для всех пяти планет, хотя они приписаны лишь к трем верхним; они относятся к обликвации; затем берется последний столбец девиации; после этого, прибавив к этой же эксцентрической аномалии 90 градусов и взяв еще раз для этой суммы общие пропорциональные минуты, которые получатся, прикладываем к широте деклинации. Когда это будет расположено в таком порядке, умножаем каждую из трех полученных широт на соответствующие ей пропорциональные минуты; все они получатся уточненными для соответствующего положения и времени; таким образом, для упомянутых двух планет мы будем иметь сумму трех широт. Если все они будут одного знака, то складываются вместе, если нет, то складываются лишь две, имеющие один и тот же знак; после этого в зависимости от того, будут ли они больше или меньше, они вычитаются из третьей широты или наоборот, и таким образом в остатке получается преобладающая искомая широта.

МАЛЫЙ КОММЕНТАРИЙ

—

ПОСЛАНИЕ КОПЕРНИКА ПРОТИВ ВЕРНЕРА

—

УПСАЛЬСКАЯ ЗАПИСЬ



НИКОЛАЯ КОПЕРНИКА

МАЛЫЙ КОММЕНТАРИЙ 1
ОТНОСИТЕЛЬНО УСТАНОВЛЕННЫХ ИМ ГИПОТЕЗ О НЕБЕСНЫХ ДВИЖЕНИЯХ

Наши предки ввели множество небесных сфер, как я полагаю, для того,
чтобы сохранить принцип равномерности для объяснения видимых дви-
жений светил. Им казалось слишком нелепым, что небесное тело в своей
совершенной сферичности не будет всегда двигаться равномерно. Однако 2
они полагали возможным, что при сложении или совместном участии не-
скольких правильных движений светила будут казаться по отношению
к какому-либо месту движущимися неравномерно.

Этого не могли добиться Калипп и Евдокс, старавшиеся получить решение посредством концентрических кругов и ими объяснить все особенности движений планет, не только относящиеся к видимым круговращениям звезд, но даже и те, когда, как нам кажется, планеты то поднимаются в верхние части неба, то опускаются, чего, конечно, концентричность никак не может допустить. Поэтому было сочтено лучшим мнение, что это можно воспроизвести при помощи эксцентрических кругов и эпициклов, с чем, наконец, бóльшая часть ученых и согласилась.

Однако все то, что об этом в разных местах дается Птолемеем и многими другими, хотя и соответствует числовым расчетам, но тоже возбуждает немалые сомнения. Действительно, все это оказалось достаточным только при условии, что надо выдумать некоторые круги, называемые эквантами. Но тогда получалось, что светило двигалось с постоянной скоростью не по несущей его орбите и не вокруг собственного ее центра. Поэтому подобные рассуждения не представлялись достаточно совершенными и не вполне удовлетворяли разум.

Так вот, обратив на это внимание, я часто размышлял, нельзя ли найти какое-нибудь более рациональное сочетание кругов, которым можно было бы объяснить все видимые неравномерности, причем каждое движение само по себе было бы равномерным, как этого требует принцип совершенного движения. Когда я приступил к этой весьма, конечно, трудной и почти неразрешимой задаче, то у меня все же появилась мысль, как этого можно добиться при помощи меньшего числа сфер и более удобных сочетаний по сравнению с тем, что было сделано раньше, если только согласиться с некоторыми нашими требованиями, которые называют аксиомами. Они следуют ниже в таком порядке.

Первое требование. Не существует одного центра для всех небесных орбит или сфер.

Второе требование. Центр Земли не является центром мира, но только центром тяготения и центром лунной орбиты.

Третье требование. Все сферы движутся вокруг Солнца, расположенного как бы в середине всего, так что около Солнца находится центр мира.

Четвертое требование. Отношение, которое расстояние между Солнцем и Землей имеет к высоте небесной тверди, меньше отношения радиуса Земли к ее расстоянию от Солнца, так что по сравнению с высотой тверди оно будет даже неощутимым.

Пятое требование. Все движения, замечающиеся у небесной тверди, принадлежат не ей самой, но Земле. Именно Земля с ближайшими к ней стихиями вся вращается в суточном движении вокруг неизменных своих полюсов, причем твердь и самое высшее небо остаются все время неподвижными.

Шестое требование. Все замечаемые нами у Солнца движения не свойственны ему, но принадлежат Земле и нашей сфере, вместе с которой мы вращаемся вокруг Солнца, как и всякая другая планета; таким образом, Земля имеет несколько движений.

Седьмое требование. Кажущиеся прямые и попятные движения планет принадлежат не им, но Земле. Таким образом, одно это ее движение достаточно для объяснения большого числа видимых в небе неравномерностей.

При помощи этих предпосылок я постараюсь коротко показать, как можно вполне упорядоченно сохранить равномерность движений. Однако здесь ради краткости я полагаю нужным опустить математические доказательства, поскольку они предназначены для более обширного сочинения. Впрочем, при описании этих кругов мы укажем величины полудиаметров орбит, при помощи которых каждый сведущий в математике легко поймет, как хорошо подобная композиция кругов подойдет к числовым расчетам и наблюдениям.

Поэтому пусть никто не полагает, что мы вместе с пифагорейцами легкомысленно утверждаем подвижность Земли; для этого он найдет серьезные доказательства в моем описании кругов. Ведь те доводы, при помощи которых натурфилософы главным образом пытаются установить ее неподвижность, опираются большей частью на видимость; все они сразу же рухнут, если мы также на основании видимых явлений заставим Землю вращаться.

О порядке сфер

Небесные сферы окружают друг друга в таком порядке. Самой высшей является сфера неподвижных звезд, сама неподвижная, содержащая и вмещающая все; под ней Сатурн, за которым следует Юпитер, а за ним Марс, под ним же сфера, в которой мы совершаем круговращения, затем

Венеры и последняя Меркурия. Сфера же Луны вращается вокруг Земли и переносится с последней как бы в виде эпицикла. В такой же последовательности одна планета превосходит другую по скорости вращения в зависимости от того, большие или меньшие круги они описывают.

Так, Сатурн завершает свое вращение на тридцатый год, Юпитер —
на двенадцатый, Марс — [на третий], Земля возвращается в исходное поло- 3
жение по истечении года. Венера завершает вращение на девятый месяц, а Меркурий — на третий.

О видимых движениях Солнца

Земля вращается тройным движением, а именно одним по Великому кругу, обходя Солнце в направлении последовательности знаков и заканчивая оборот в один год; в одинаковые времена она всегда описывает одинаковые дуги, но центр этого круга отстоит от центра Солнца
на 25-ю часть своего полудиаметра. Поскольку же полудиаметр этого круга 4
предполагается имеющим незаметную величину по сравнению с высотой небесной тверди, то отсюда следует, что таким движением мы видим обращающимся Солнце, как будто бы Земля находилась в центре мира; однако это скорее происходит вследствие движения не Солнца, но Земли, например, когда Земля будет под Козерогом, Солнце будет прямо по диаметру
видимо в Раке, и так далее. В этом движении Солнце будет казаться дви- 5
жущимся неравномерно в соответствии с его расстоянием от центра орбиты, как уже было сказано. Наибольшее неравенство от этой причины достигает двух градусов с шестой частью. Солнце отклоняется от центра орбиты
по направлению к точке небесной тверди, находящейся неизменно на рас- 6
стоянии приблизительно 10 градусов к западу от наиболее блестящей звезды в голове Близнецов. Следовательно, мы увидим Солнце в наибольшей его высоте, когда Земля будет находиться в прямо противоположном этому месте, причем центр орбиты будет между ними; по этой орбите движется вокруг не только Земля, но вместе с ней и все то, что заключается внутри лунной сферы.

Вторым движением Земли будет суточное ее вращение; это ее наиболее собственное движение совершается вокруг ее полюсов по направлению последовательности знаков, то есть к востоку; вследствие этого движения весь мир кажется вращающимся в головокружительном вихре. Конечно, Земля так вращается вместе с обтекающей ее кругом водой и прилегающим воздухом.

Третьим является деклинационное движение. Действительно, ось суточного вращения не параллельна оси Великого круга, но отклоняется от нее на дугу окружности, которая для нашего века составляет приблизи-
тельно 23 градуса с половиной. Таким образом, в то время как центр Земли 7
всегда находится в плоскости эклиптики, то есть окружности Великого

круга орбиты, полюсы Земли описывают с обеих сторон небольшие круги с центрами, равно отстоящими от оси Великого круга. Это движение заканчивает свои обороты также приблизительно в год и почти одинаково с движением по Великому кругу. Но ось Великого круга сохраняет неизменное положение по отношению к небесной тверди и направлена к так называемым полюсам эклиптики. Деклинационное же движение, сложенное с движением Великого круга, удерживало бы полюсы суточного вращения всегда направленными к одним и тем же местам неба, если бы оно имело с ним совершенно одинаковые времена оборотов. Теперь по истечении долгого промежутка времени установлено, что подобное положение Земли по отношению к небесному своду изменяется, поэтому многие решили, что сама небесная твердь движется некоторыми движениями по еще недостаточно установленному закону.

Все это можно гораздо менее удивительно объяснить при помощи
подвижности Земли. К чему же стремятся прильнуть полосы — не мое де-
ло говорить. Ведь я и у более низменных вещей вижу, что железный пру-
тик, натертый магнитом, постоянно стремится всегда к одному и тому же
месту мира. Однако лучше всего, по-моему, будет предположить, что это
все происходит при помощи некоторой сферы, движение которой управля-
ет перемещением самих полюсов; сфера эта, без сомнения, должна быть
8 расположена под Луной.

О том, что равномерность движения должна определяться по отношению не к равноденствиям, но к неподвижным звездам

Так как равноденственные и остальные кардинальные точки мира
значительно меняют свое положение, то необходимо должен обмануться
тот, кто, опираясь на них, попытается получить среднее время годового
обращения; оно, как показали многочисленные наблюдения в различные
эпохи, оказывалось неодинаковым. Гиппарх нашел этот промежуток вре-
9 мени равным 365 дням с четвертью, а халдей Альбатегний определил, что
такой год состоит из 365 дней 5 часов 46 минут, то есть на 13 и три пятых
10 минуты, или одну треть минуты, короче, чем у Птолемея. Севильский астро-
ном увеличил это на двадцатую часть одного часа и установил, что тропи-
ческий год равен 365 дням 5 часам и 49 минутам.

А что эту разницу нельзя считать получившейся вследствие ошибок наблюдений, можно видеть из следующего: если кто-нибудь обратит более внимания на подробности, то он найдет, что эта разница всегда соответствовала изменению равноденственных точек. Действительно, когда кардинальные точки мира перемещались на один градус в сто лет, как было обнаружено в эпоху Птолемея, то величина года в то время была как раз та-

кой, какой она дана Птолемеем. Когда же в следующие за ним века эти точки перемещались быстрее, имея встречными меньшие движения, то год сделался настолько короче, насколько увеличилось перемещение кардинальных точек. Действительно, с увеличением встречной скорости этих точек конец годового движения получался в них скорее. Следовательно, более правильно поступает тот, кто определяет среднюю величину годичного движения по отношению к неподвижным звездам. Так мы и сделали
и относительно Спики в Деве нашли, что год был всегда равен 365 дням 11
6 часам и примерно одной шестой часа; таким он был и в египетской древности. Того же метода следует придерживаться и при установлении других движений светил; об этом свидетельствуют их апсиды, установленные законы движений по небесной тверди и даже само небо.

О Луне

Луна, кроме упомянутого годового обращения, представляется нам движущейся четырьмя движениями. Действительно, она на несущей ее орбите совершает месячные обращения вокруг центра Земли в направлении последовательности знаков. Эта же орбита несет эпицикл, который называют эпициклом первого неравенства, или аргумента (мы же назовем его первым или большим), и второй годовой эпицикл, связанный с ним; двигаясь в верхней части своей окружности против направления движения ⟨деферента⟩, первый эпицикл совершает свои обращения во время, немножко меньшее месяца. На упомянутом ⟨втором эпицикле⟩ висит Луна, совершая свои обращения два раза в месяц в направлении, противоположном движению первого ⟨эпицикла⟩, так что когда центр большего эпицикла окажется на прямой, идущей от центра Великого круга через центр Земли (мы называем ее диаметром Великого круга), то Луна будет ближе всего к центру большего эпицикла, что происходит около новолуний и полнолуний; наоборот, в заключающихся посередине между ними квадратурах она будет всего дальше от упомянутого центра. Величина же [полу]диаметра большего эпицикла содержит 10-ю часть полудиаметра несущего его деферента с одной 18-й этой части, полудиаметр же меньшего
эпицикла он содержит пять раз без одной [четверти]. 12

Движимая таким образом Луна кажется то быстрее, то медленнее нисходящей или восходящей; к этому первому неравенству движение второго
эпицикла прибавляет двоякого рода изменения. Действительно, оно отвле- 13
кает Луну от равномерного движения по окружности большего эпицикла;
наибольшее неравенство такого рода может достигать 12 градусов с четвер- 14
тью на окружности соответствующей величины или диаметра; кроме того, оно то приближает, то удаляет центр большего эпицикла на величину полудиаметра ⟨меньшего⟩. И так как вследствие этого Луна описывает

неодинаковые окружности кругов около центра большего эпицикла, то выходит, что первое неравенство будет многообразно изменяться. Отсюда получается, что в соединениях и противостояниях с Солнцем наибольшая величина этого неравенства не превышает 4 градусов и 56 минут, в квад-
15 ратурах же доходит до 6 градусов 36 минут. Те же, кто полагают, что все это может получиться при помощи эксцентрического круга, впадают в две очевидные ошибки, не говоря уже о нелепой неравномерности движения по собственной окружности.

Действительно, из математических расчетов следует, что в квадратурах Луна, вися на нижней части своего эпицикла, должна была бы казаться почти в четыре раза большей, чем в новолуниях и полнолуниях (если бы она была полностью светлой): в противном случае пришлось бы безрассуд-
16 но приписывать Луне увеличение или уменьшение тела. Точно так же, вследствие того, что размеры Земли достаточно велики по отношению к ее расстоянию до Луны, происходит то, что в квадратурах должны очень сильно увеличиваться параллактические смещения. Однако если кто-нибудь более внимательно исследует дело, то он поймет, что обе эти величины бывают почти одинаковыми и в квадратурах, и в полнолунии, и в новолунии, и поэтому вряд ли можно сомневаться, что упомянутое наше рассуждение будет более истинным.

С этими тремя движениями по долготе Луна в круговом движении соединяет еще перемещение по широте. Оси эпициклов параллельны оси деферента, так что вследствие этого не получается никакого выхождения ⟨Луны⟩ из его ⟨плоскости⟩. Но ось упомянутого деферента отклоняется от оси Великого круга, или эклиптики, вследствие чего Луна будет удаляться от плоскости эклиптики. Величина отклонения этой оси соответствует углу, стягивающему пять градусов окружности; полюсы деферента совершают круговое движение на одинаковых расстояниях от оси эклиптики, примерно так же, как было сказано относительно деклинационного движения. Но в данном случае это происходит против последовательности знаков и значительно более медленным движением, так что завершения одного оборота приходится ждать на девятнадцатый год; многим кажется, что это движение производится посредством расположенной более высоко сферы; полюсы и движутся так, будучи прикрепленными к этой сфере. Вот какой механизм движений, по-видимому, имеет Луна.

О трех верхних планетах — Сатурне, Юпитере и Марсе

Сатурн, Юпитер и Марс имеют сходный вид движения, так как их орбиты, заключая внутри упомянутый Великий годовой круг, вращаются в направлении последовательности знаков вокруг центра этого общего для всех Великого круга. Но орбита Сатурна завершает полностью свое движение

на тридцатый год, Юпитера — на двенадцатый, а Марса — на двадцать
девятый месяц, так что величина орбит как бы умеряет скорость этих обра-
щений. Если полудиаметр Великого круга составить из 25 частей, то полу-
диаметр орбиты Марса будет иметь 38 таких частей, Юпитера — 130 с од- 17
ной пятой, Сатурна 230 с одной шестой. Полудиаметром я называю расстоя- 18
ние от центра орбиты до центра первого эпицикла.

Каждая планета имеет два эпицикла, из которых один несет другой,
примерно так, как это было сказано относительно Луны, но только по дру-
гому закону. Первый эпицикл, двигаясь против направления вращения
деферента, делает с ним одинаковое количество оборотов, другой же враща-
ет светило, идя навстречу первому и делая вдвое большее число оборотов,
так что когда он будет в наибольшем расстоянии от центра деферента или,
наоборот, в наибольшей близости к нему, то планета будет всего ближе
к центру первого эпицикла; когда же второй эпицикл будет в промежуточ-
ных точках, то есть квадратурах, то планета больше всего удаляется от
упомянутого центра. Вот при таком соединении движений деферента и 19
эпициклов и при равенстве их оборотов получается, что места подобного
рода удаления и приближения планет всегда будут соответствовать опре-
деленным для них на небе точкам. Затем они везде соблюдают установлен-
ные законы движений и имеют свои апсиды неизменными, а именно Сатурн
около звезды, находящейся на локте Стрельца, Юпитер — на 8 градусах
после звезды, которая называется концом хвоста Льва, а Марс — на 6 20
с половиной градуса перед Сердцем Льва.

Величины эпициклов таковы. Если полудиаметр Великого круга поло-
жить равным 25 частям, то у Сатурна полудиаметр первого эпицикла будет
равен 19 частям и 41 шестидесятой, а полудиаметр второго — 6 частям и
34 шестидесятым. Так же у Юпитера первый эпицикл имеет полудиаметр,
равный 10 частям и 6 шестидесятым, а второй — 3 частям и 22 шестидеся-
тым. У Марса же первый будет равняться 5 частям 34 шестидесятым, а вто-
рой — [1 части] 51 шестидесятой. Таким образом, полудиаметр первого 21
эпицикла во всех случаях будет втрое больше полудиаметра второго
эпицикла.

Неравенство, которое движение эпициклов накладывает на движение
по деференту, мы решили назвать первым; оно, как было сказано, сохраня-
ет твердо установленные пределы повсюду на небесной тверди. Кроме
этого, существует еще одно неравенство, в соответствии с которым светило
иногда совершает попятное движение и часто даже кажется останавлива-
ющимся; это неравенство происходит не от движения светила, а от измене-
ния относительного положения Земли на Великом круге. Действительно, 22
последняя, превосходя планету скоростью, побеждает ее движение, так
как проведенный к небесному своду луч зрения как бы идет навстречу свети-
лу. Это действие будет наибольшим, когда Земля ближе всего к светилу,

а именно, когда она находится между Солнцем и светилом во время вечер-
них восходов последнего. Наоборот, около времени вечернего захода и
утреннего восхода Земля, двигаясь навстречу, делает еще большим движе-
ние луча зрения. В тех же местах, где луч зрения встречает движение, идя
с одинаковой скоростью, светила кажутся нам стоящими, ибо противопо-
23 ложные движения друг друга уничтожают; это обычно происходит, когда
расстояние между Солнцем и планетой представляет сторону правильного
24 треугольника.

У всех этих планет неравенство такого рода будет тем значитель-
нее, чем по более низкой орбите движется светило; поэтому у Сатур-
на оно меньше, чем у Юпитера, и, наоборот, больше всего у Марса в соот-
ветствии с отношением полудиаметра Великого круга к полудиаметрам их
орбит. У каждого светила это неравенство будет наибольшим, когда свети-
ло наблюдается по лучу зрения, касательному к окружности Великого кру-
га. Вот так движутся вокруг нас три упомянутых светила.

По широте же они производят отклонения двоякого рода; так как
окружности эпициклов все время находятся в одной плоскости с их дефе-
рентами, то они отклоняются от эклиптики в зависимости от наклона своих
осей к оси эклиптики, только эти оси не делают полных поворотов, как у
Луны, а все время обращены к одной и той же области неба. Таким образом
25 сечения двух кругов — деферента и эклиптики, которые называются уз-
лами, имеют на небе вечные местонахождения. Так, Сатурн имеет свой
узел, в котором он начинает подниматься к северу, на 8 с половиной гра-
дуса сзади звезды, которая называется восточной в голове Близнецов,
Юпитер же — на 4 градуса впереди той же самой звезды, а Марс — в точ-
26 ке, опережающей Плеяды на 6 градусов с половиной. Когда планета на-
ходится в этих точках, а также в диаметрально противоположных, то она
совсем не имеет широты; наибольшая же широта, которую она имеет в
квадратурах по отношению к указанным точкам, будет очень различной.
Действительно, наклон осей и кругов, как бы подвешенных в упомянутых
узлах, будет казаться увеличивающимся и станет наибольшим, когда
Земля будет ближе всего к планете, то есть во время вечернего восхода
светила. В этих положениях для Сатурна наклон оси равняется двум гра-
дусам с двумя третями, для Юпитера — двум градусам без одной трети,
для Марса — одному градусу и пяти шестым. Наоборот, около времени
вечернего захода и утреннего восхода, когда Земля находится в наиболь-
шем удалении, подобного рода наклон у Сатурна и Юпитера уменьшается
27 на пятую часть одного градуса, а у Марса — на один градус с двумя
третями. Это неравенство заметнее всего в наибольших широтах; у каж-
дой планеты оно тем меньше, чем она ближе к узлу и возрастает и убывает
одновременно с широтой.

Видимые широты будут изменяться также и вследствие движения
Земли по Великому кругу, ибо близость или дальность увеличивают или

соответственно уменьшают углы видимой широты, как этого требует математическая теория; это либрационное движение совершается по прямой линии. Можно, однако, сделать так, чтобы такое движение складывалось из двух кругов. Эти круги, будучи концентричными, могут двигать кругом 28
отклоненные полюсы один другого... и нижний, двигаясь с двойной скоростью в противоположную сторону по отношению к верхнему, вращает полюсы круга, несущего эпициклы; эти полюсы на столько же отступают от полюсов круга, лежащего непосредственно выше, на сколько эти последние — от полюсов самого верхнего круга.

О Сатурне, Юпитере и Марсе и сферах, окружающих Землю, этого будет достаточно.

О Венере

Нам остается приступить к исследованию планет, которые заключаются внутри Великого круга, то есть движений Венеры и Меркурия. Венера имеет систему кругов, очень похожую на ту, что и у внешних планет, но порядок движений будет иным. Орбита с большим своим эпициклом совершает одинаковые вращения в девять месяцев каждая, как было сказано выше; в этом составном движении малый эпицикл возвращается на прежнее место, сохраняя всегда определенное положение относительно небесной тверди; верхняя апсида будет при этом в той же самой точке, в которой, как мы сказали, Солнце изменяет свое видимое движение. Меньший же эпицикл, 29
имея неодинаковые вращения с первыми кругами, сохраняет это неравенство для движения Великого круга; действительно, за время одного оборота последнего он совершает всего два оборота, так что, когда Земля достигнет диаметра, проведенного через апсиды, светило будет ближайшим к центру большого эпицикла и в поперечном положении Земли в квадратурах оно будет наиболее удаленным, приблизительно так же, как у Луны меньший эпицикл ведет себя по отношению к Солнцу. Отношение полудиаметров Великого круга и деферента Венеры равно 25 к 18, больший эпицикл берет три четверти одной части, а малый — одну четверть. 30

Венера также кажется иногда имеющей попятные движения, главным образом, когда светило ближе всего к Земле, примерно как и у верхних планет, но только наоборот. У тех это получалось, когда преодолевало движение Земли, в данном же случае оно преодолевается; там орбита Земли содержалась внутри их орбит, здесь же она является содержащей. Поэтому планета никогда не бывает в противостоянии с Солнцем, так как Земля не может встать между ними, но на определенных расстояниях от Солнца, соответствующих обеим точкам касаний прямых, проведенных от центра Земли, с окружностью орбиты, она изменяет движение, никогда не удаляясь более чем на 48 градусов по отношению к нашей точке зрения. Таковы основные черты движения Венеры в ее обращении по долготе.

Изменение широты происходит тоже от двух причин. Ось орбиты рассматриваемой планеты наклонена на 2 градуса с половиной, а узел, из которого начинается движение к северу, она имеет в своей апсиде. Однако смещение, получающееся от этого наклона, представляется нам двоякого рода, хотя по существу оно будет одним. Те поперечные смещения вверх и вниз, которые обнаруживаются, когда Земля попадает на какой-нибудь
31 из узлов Венеры, называются рефлексиями; когда же Земля бывает на расстоянии четверти окружности от узлов, то становятся видимыми естественные наклоны орбиты; их называют деклинациями. Во всех же остальных местах широты обоих видов соединяются вместе, одна из них преодолевает другую; при этом в зависимости от однородности или разно-
32 родности они то увеличивают одна другую, то уменьшают.

Таким будет наклон оси; последняя имеет подвижное колебание, не такое, как у верхних планет около линии узлов, но около некоторых других перемещающихся точек, которые свои круговращения по отношению к планете совершают в год; когда Земля стоит напротив апсиды Венеры, то величина отклонения в колебании будет наибольшей, в какой бы части своей орбиты ни находилась сама планета. Поэтому если планета будет в апсиде или в диаметрально противоположной ей точке, то она не будет совершенно лишена широты, хотя бы тогда планета находилась в узлах.

От этого места отклонение будет уменьшаться, пока Земля не отойдет отсюда на четверть окружности; вследствие одинаковости обоих движений точка наибольшей девиации отойдет на такое же расстояние от планеты, так что не останется даже и следа этой девиации. Затем колебание девиации будет продолжаться; начальная точка идет от севера к югу, но вследствие того, что она отдаляется от планеты на такое же расстояние, на какое Земля уходит от апсиды, планета перейдет в ту часть орбиты, которая ранее была южной, а теперь, согласно закону противоположности, сделалась северной; так будет до тех пор, пока она по истечении полного оборота снова не придет в наивысшую точку колебания, где девиация опять сделается наибольшей и одновременно равной первоначальному значению. После этого она таким же образом проходит остальную полуокружность. Вследствие этого такая широта планеты никогда не станет южной; это изменение ее обычно и называют девиацией. Это движение можно воспроизвести при помощи двух концентрических кругов с наклонными осями, и то, что мы говорили относительно верхних планет, будет соответствовать и этому случаю.

О Меркурии

Но удивительнее всего на небе будет движение Меркурия, который проходит по еле доступным наблюдению путям, так что следить за ним нелегко. Кроме этого, трудности получаются еще и оттого, что он большей частью совершает движения, невидимый под лучами Солнца, и может наблюдаться лишь в течение нескольких дней; все-таки можно изловить и его, если только приняться за это с несколько большей хитростью.

Ему, как и Венере, также соответствуют два эпицикла, вращающихся по его деференту. Больший эпицикл, как и у Венеры, совершает вращение в одинаковое время с деферентом, имея свою апсиду на 14 с половиной градуса после Спики Девы. Меньший же эпицикл вращается в противоположном направлении с вдвое большим числом оборотов, так что при всяком положении Земли, будет ли она в его апсиде или в прямо противоположной точке, планета будет самой удаленной от центра большого эпицикла, а на расстояниях в четверть окружности — самой близкой к последнему.

Мы сказали, что деферент Меркурия возвращается в исходное положение на третий месяц, то есть через 88 дней; полудиаметр его имеет 9 и две пятых части, каких в полудиаметре Великого круга мы полагаем 25. Первый эпицикл получает одну и 41 шестидесятую такую часть, а второй— втрое меньше, то есть содержит приблизительно 34 шестидесятых части. Но в данном случае такая система кругов не является достаточной, как для других планет. Действительно, когда Земля проходит через указанные положения на апсидах, то светило кажется движущимся на значительно меньшем расстоянии, чем требует вышеуказанное соотношение между кругами, а в четвертях круга между апсидами, наоборот, на значительно большем. Но поскольку из-за этого не замечается никакого неравенства в долготе, то уместно предположить, что это происходит вследствие некоторого приближения или удаления планеты от центра деферента, что также может быть произведено при помощи двух кружочков с осями, параллельными оси деферента, если центр большого эпицикла или всей эпициклической системы будет лежать на таком же расстоянии от центра кружочка, непосредственно его содержащего, на каком центр этого кружочка отстоит от центра крайнего. Это расстояние было найдено равным 14 с половиной шестидесятым одной части из тех 25, которыми мы измеряем структуру всех кругов; найдено также, что крайний кружочек совершает два оборота в течение тропического года, а внутренний, двигаясь в противоположном направлении с вдвое большей скоростью, делает за это время четыре оборота. Вследствие сложения указанных движений центры большего эпицикла движутся по прямой линии совершенно так же, как мы сказали относительно колебаний по широте.

Вот при помощи этого устройства в упомянутых положениях Земли по отношению к апсидам центр большого эпицикла будет ближе всего к центру деферента, а на расстоянии в четверть окружности дальше всего. В средних же положениях, то есть на расстоянии 45 градусов от упомянутых, центр большого эпицикла совпадает с центром внешнего кружочка так, что оба они сходятся в один. Величина же этого приближения или удаления равняется, как установлено, 29 шестидесятым одной из вышеуказанных частей. Таковым будет движение Меркурия по долготе.

Что касается движения по широте, то он совершает его совершенно так же, как и Венера, но только с противоположной стороны. Именно там, где Венера становится северной, Меркурий отклоняется к югу. Деферент его отклоняется от эклиптики на величину угла в семь градусов. Девиация его, остающаяся все время южной, никогда не превышает трех четвертей одного градуса. Впрочем, все то, что говорится относительно широт Венеры, следует припомнить и здесь, чтобы не повторять часто одного и того же.

Таким образом, Меркурий движется при помощи всего семи кругов, Венера — при помощи пяти, Земля — при помощи трех, а Луна вокруг нее — при помощи четырех; наконец, Марс, Юпитер и Сатурн — при помощи пяти кругов каждый. Таким образом, для Вселенной будет достаточно 34 кругов, при помощи которых можно объяснить весь механизм мира и всю хорею планет.

ПОСЛАНИЕ КОПЕРНИКА ПРОТИВ ВЕРНЕРА 1

Досточтимому господину Бернарду Ваповскому,
кантору и канонику Краковской церкви
и секретарю его величества короля Польши

от *Николая Коперника*

Не так давно ты, дражайший Бернард, послал мне изданное Иоганном
Вернером из Нюрнберга сочиненьице о движении восьмой сферы, которое, 2
как ты говорил, очень хвалили многие; твоя милость просила меня также дать свое суждение по этому вопросу. Я сделал бы это еще более охотно, если бы тоже мог похвалить его вполне искренне и с чистой совестью; однако мне можно похвалить только старания и намерения этого человека, как учил Аристотель: «Благодарными следует быть не только тем философам, которые говорили правильно, но также и тем, которые допустили некоторые ошибки, ибо людям, желающим идти правильным путем, важно также знать и об уклонениях». Однако порицание может принести лишь умеренную пользу, да и мало прилично, ибо только бесстыдным умам свойственны желания быть скорее насмешником Момом, чем поэтом-создателем. Кроме того, я боюсь, что кто-нибудь может рассердиться на меня за то, что я других браню, а сам лучшего не даю. Поэтому я уж хотел оставить все это нетронутым для забот другим людям и в этом смысле кратко и ответить твоей милости, чтобы она более любезно приняла наши труды. Однако я подумал, что не одно и то же порицать кого-нибудь оскорбительным образом или же возвращать заблудшего на верный путь, хотя и острыми словами; и обратно, большая разница между похвалой и бесстыдной лестью паразита; так что я не вижу причин, по которым я должен был бы оставить твое желание неудовлетворенным и таким образом показаться отступающим от ревностных занятий теми предметами, в которых ты столь много преуспеваешь. Поэтому, чтобы не казаться напрасно обижающим этого человека, я попробую возможно яснее выявить, в чем он погрешил в вопросе о движении сферы неподвижных звезд и что является неприемлемым в его теории; может быть, это немало будет способствовать более правильному пониманию сущности этого предмета.

Итак, он прежде всего ошибся при вычислении времени, считая, что второй год Антонина Пия, когда Кл. Птолемей составил каталог неподвижных звезд, наблюденных им самым, был стопятидесятым годом после

рождества Христова, тогда как на самом деле это был 139 год. Действительно, в третьей книге «Великого построения», в главе первой, Птолемей говорит, что наблюденное им осеннее равноденствие 463 года после смерти Александра Великого было в третьем году Антонина. Но от смерти Александра до рождества Христова считается 323 одинаковых египетских года и 130 дней. Действительно, от начала царствования Набонассара до рождества Христова считают 747 одинаковых египетских лет и 130 дней; относительно этого я не вижу никаких сомнений и у нашего автора, как это следует из его предложения 22; он только, следуя Альфонсовым таблицам, прибавляет один день. Произошло это потому, что счет часов Набонассара и Александра Великого Птолемей начинает от полудня первого дня первого египетского месяца Тот, а Альфонс — от полудня последнего дня предшествовавшего года, совершенно так же, как и мы считаем годы христианского летосчисления от полудня последнего дня декабря. Но от Набонассара до смерти Александра Великого прошло, как полагает в восьмой главе той же книги Птолемей, 424 одинаковых года. С ним согласен и Цензорин в своем
3 сочинении De die natali, написанном к Кв. Цериллию, полагаясь на авторитет М. Варрона. Следовательно, после вычитания из 747 лет и 130 дней остаются 323 года и 130 дней, прошедших от смерти Александра до рождества Христова, а отсюда до упомянутого Птолемеева наблюдения будет 139 одинаковых лет и 303 дня. Таким образом, это наблюденное Птолемеем осеннее равноденствие, как мы видим, имело место в 140 году после рождества Христова в девятый день месяца атир при счете в равновеликих египетских годах, а по римскому счету — в 139 году 25 сентября, в третьем году Антонина.

Далее, тот же Птолемей в пятой книге «Великого построения», в главе третьей, при наблюдении Солнца и Луны во втором году Антонина считает 885 Набонассаровых лет и 203 дня. Поэтому от рождества Христова прошло 138 одинаковых лет и 73 дня. Следовательно, 14-й день после этого, а именно девятое фармути, когда Птолемей наблюдал Василиска в созвездии Льва, был 22 февраля 139 года римского летосчисления после рождества Христова, а это и был второй год Антонина, который наш автор полагает 150 годом. Таким образом, он ошибся на лишних 11 лет.

Если кто-нибудь усомнится и, не удовлетворившись этим, захочет сам произвести исследование этого дела, то он должен помнить, что время есть число или мера движения неба, рассматриваемого в отношении «раньше» или «позже». При помощи этого движения мы определяем годы, месяцы, дни и часы. Но мера и измеряемое, будучи связаны друг с другом, могут быть рассматриваемы и в обратном порядке.

Далее, так как таблицы Птолемея были составлены на основании самых последних произведенных им наблюдений, то нельзя думать, чтобы в них имелась какая-нибудь заметная ошибка или чтобы в них содержалось какое-нибудь противоречие с основными принципами их построения.

Поэтому если кто-нибудь захочет проверить по таблицам Птолемея наблюденные последним при помощи астролябии положения Солнца и Луны по отношению к Регулу для второго года Антонина по прошествии девяти дней месяца фармути через пять с половиной часов после полудня, то он получит их не для 149, а для 138 лет после рождества Христова, 88 дней и $5^1/_2$ часа, что соответствует 885 годам после Набонассара, 218 дням и $5^1/_2$ ча- 4
са. Вот как обнаруживается упомянутая ошибка, очень сильно искажающая его исследования движения восьмой сферы во всем, что он говорит относительно времени.

Другая ошибка, не меньшая первой, заключается в принятой им гипотезе, что в течение 400 лет до Птолемея неподвижные звезды перемещались только равномерным движением. Чтобы сделать все нижеследующее более ясным, следует, как я полагаю, обратить внимание на то, что наука о звездах принадлежит к числу тех, которые познаются нами в порядке, противоположном естественному ходу вещей. Так, например, природа установила сначала, что планеты ближе к Земле, чем неподвижные звезды, а затем уже то, что отсюда вытекает, а именно, что они кажутся нам менее мерцающими. Мы же, наоборот, сначала увидели, что они не мерцают, а потом уже отсюда заключили, что они расположены ближе к Земле. Равным образом сначала нами была установлена неравномерность видимого движения светил, а затем мы уже заключили о существовании эпициклов, эксцентров и других кругов, которыми эти светила так переносятся.

Поэтому я хотел бы исходить из положения, что те древние философы должны были сначала при помощи инструментов определить положения светил вместе с соответствующими промежутками времени, а затем уже, пользуясь этим, как руководством, чтобы не оставлять незаконченным вопрос о движении неба, придумать какую-нибудь надежную теорию относительно этого; в достижении этого они могли убедиться только тогда, когда теория оказалась как бы в полном согласии со всеми наблюденными и отмеченными положениями светил.

Совершенно так же обстоит дело и с движением восьмой сферы; его древние математики не могли определить в полной мере вследствие необычайной его медленности. Но если мы желаем исследовать его, то должны идти по стопам древних математиков и держаться оставленных ими как бы по завещанию наблюдений. И если кто-нибудь, наоборот, хочет думать, что верить им не следует, то, конечно, врата нашей науки будут для него в этом вопросе закрыты и он, лежа у порога, будет во сне больных грезить о движении восьмой сферы, и вполне заслуженно, ибо он клеветой на древних хотел помочь собственным галлюцинациям. Ведь хорошо известно, что они наблюдали все эти явления с величайшей тщательностью и большим хитроумием и доставили нам много прекрасных и достойных удивления открытий. Поэтому я никак не могу согласиться, что они при наблюдении положений светил допускали ошибки в четвертую, пятую или даже

шестую часть градуса, как полагает рассматриваемый автор, о чем подробнее позже.

Также не следует упускать из вида, что во всяком неравномерном движении светил прежде всего желательно иметь полный период возвращения и быть уверенным, что в его течении оказались пройденными все неравенства видимого движения. Действительно, замечаемые в движении неравенства как раз и являются основным препятствием, не позволяющим по наблюдениям в течение лишь части всего периода определить его продолжительность и среднее движение. Но, как с большим остроумием установил Птолемей при исследовании лунного движения, а до него еще Гиппарх Родосский, в периодическом возвращении неравенства следует различать четыре как бы диаметрально противоположных друг другу момента, а именно наибольшей скорости и медленности, а между ними поперек с обеих сторон посередине пункты среднего движения, разделяющие круг на четыре части; таким образом, в первом квадранте самое быстрое движение будет ослабевать, во втором среднее движение становится более медленным, в третьем самое медленное снова возрастает, а в четвертом увеличивается среднее. При помощи этого метода на основании наблюденных и исследованных движений Луны они могли определить, в какой части круга она будет находиться в любое время, а затем при повторении подобного движения установить, что период возвращения неравенства уже завершился, как это подробнее изложил Птолемей в четвертой книге «Великого построения».

Это же нужно иметь в виду и при исследовании движения восьмой сферы. Но чрезмерная, как я уже сказал, его медленность, вследствие которой за тысячи лет еще нельзя было достаточно надежно установить, что уже произошло возвращение движения неравенства к исходному пункту, не позволяет сразу вынести окончательное суждение о движении, обнимающем жизни многих человеческих поколений. Однако к этому мы можем подойти при помощи разумной догадки даже и теперь, воспользовавшись некоторыми наблюдениями, сделанными после Птолемея, которые могут быть согласованы в одном и том же объяснении. Ведь то, что определено, не может иметь бесчисленного множества объяснений, совершенно так же, как при проведении окружности через три точки, не лежащие на одной прямой, нельзя построить для этих точек еще одну окружность, которая была бы больше или меньше ранее проведенной. Но об этом в другом месте, чтобы я мог вернуться туда, откуда уклонился.

Теперь мы должны посмотреть, правильно ли утверждение автора, что в течение 400 лет перед Птолемеем неподвижные звезды изменяли свои положения только равномерным движением. Чтобы устранить недоразумения в толковании терминов, я буду под равномерным движением понимать такое, какое мы обычно называем также средним, то есть находящееся как раз посередине между самым медленным и самым быстрым движения-

ми. Пусть нас не введут в заблуждение его слова в первом следствии из
седьмого предложения, а именно, что «движение неподвижных звезд более
медленно» там, где по его гипотезе предполагается равномерное движение,
в других же местах оно будет более быстрым, как будто бы оно никогда
не могло быть медленнее равномерного движения. И тут уже я не знаю,
будет ли он с самим собой согласен, говоря позже о «более медленном». Он
принимает, что сущностью равномерности надо считать униформность, 5
с которой неподвижные звезды от времен первых наблюдателей
неподвижных звезд Аристарха и Тимохара и до Птолемея в равные про- 6
межутки времени, а именно в каждое столетие, перемещались примерно
на один градус, как достаточно ясно сказано у Птолемея и повторено са- 7
мим автором в седьмом предложении.

Но этот столь великий математик не заметил, что никоим образом не
может быть, чтобы около моментов среднего движения, то есть в сечениях
эклиптики десятой сферы с кругом трепидации, как его называет автор, дви-
жение звезд представлялось бы более униформным, чем в других местах;
в действительности же должно иметь место как раз противоположное, а имен- 8
но тогда движение представляется наиболее изменяющимся; наименее же из-
меняющимся оно будет, когда видимое движение или самое быстрое, или
же самое медленное. Он должен был это заметить или из собственной своей
гипотезы и построения, или также из основанных на ней таблиц, в особен-
ности самой последней, в которой он дал картину всего периода возвраще-
ния равномерности при трепидации; в ней для двух столетий перед рожде-
ством Христовым на основании предшествующего вычисления видимое
движение в первом столетии составляет только 49 минут, а во втором —
57. Затем в первое столетие после рождества Христова звезды перемести-
лись приблизительно на 1 градус с десятой частью, а во второе — примерно
на 1 градус с четвертью, так что за одинаковые промежутки времени дви-
жения отличались между собой на величину, несколько меньшую шестой
части градуса. Если же сложить движения за двести лет с той и другой
стороны, то в первом промежутке до двух градусов не хватит более чем пя-
той части градуса, а во втором получится избыток почти в четверть граду-
са; таким образом, опять для одинаковых промежутков времени переме-
щение за последующий приблизительно на половину с пятнадцатой частью
градуса превзойдет перемещение за предыдущий, а автор, полагаясь на
Птолемея, сказал, что перед последним неподвижные звезды перемещались
на один градус за каждые сто лет.

С другой стороны, при том же законе для принятых им кругов получа-
ется, что в самом быстром движении восьмой сферы изменение в видимом
движении в течение 400 лет оказывается равным приблизительно одной ми-
нуте, как можно видеть в той же самой таблице для промежутка от 600 до
1000 года после рождества Христова. То же самое получается и для самого
медленного движения в течение 400 лет после 2060 года ⟨до рождества 9

Христова⟩. Но закон изменения неравномерности, как сказано выше, заключается в том, что в одном полукруге трепидации, а именно идущем от наибольшей медленности до наибольшей скорости, к видимому движению всегда что-нибудь прибавляется, а в другом полукруге, исчисляемом от наибольшей скорости до наибольшей медленности, все время происходит уменьшение движения, которое ранее возрастало; при этом наибольшее увеличение и уменьшение получается в местах со средним движением, расположенных по диаметру друг против друга; таким образом, в видимом движении нельзя получить одинаковых движений для двух прилежащих одинаковых промежутков времени: или в одном из них движение будет больше, или в другом, разве только эти промежутки взяты около предельных точек скорости или медленности, где в одинаковые времена с обеих сторон проходятся одинаковые дуги и начинающиеся или кончающиеся увеличения и уменьшения тогда уравниваются взаимной компенсацией.

Следовательно, никак не может получиться, чтобы в течение 400 лет перед Птолемеем движение было средним по величине; оно скорее будет самым медленным, так как я даже не вижу причин для предположений о существовании другого более медленного движения, ибо до Тимохара не было ни одной записи положений неподвижных звезд, которая дошла бы до нас, а также до Птолемея. А так как место наиболее быстрого движения уже пройдено, то, следовательно, мы сейчас находимся уже в другом полукруге, отличном от того, где был Птолемей; в этом полукруге движение уменьшается и немалая часть его уже пройдена.

Поэтому не следует удивляться, что при таких своих предположениях автор не сумел ближе подойти к записанным наблюдениям древних и стал думать, что они ошибались на четвертую или пятую часть градуса, а пожалуй, даже на половину и больше, хотя Птолемей, по-видимому, ни в какой другой области не прилагал больших стараний, как именно в том, чтобы возможно точнее передать нам перемещения неподвижных звезд, ибо он знал, что ему дано наблюдать лишь небольшую часть этого движения, по которой он должен догадываться обо всем этом цикле, а здесь даже самая незаметная ошибка может сделаться чрезмерно большой в силу огромности полного цикла. Именно поэтому он, по-видимому, и соединил
10 Аристарха с его современником Тимохаром Александрийским, а римлянина Менелая — с Агриппой Вифинским, чтобы, имея согласие их, разделенных таким большим расстоянием местностей, получить наиболее верные и бесспорные свидетельства; поэтому уже никак нельзя думать, чтобы такие большие ошибки могли получиться у них или у Птолемея, который многое другое, даже гораздо более трудное, сумел довести, как говорят, до самой крайней точности.

Поэтому нигде наш автор не является более неразумным, как в своем двадцать втором предложении и особенно в следствии к нему, где он, же-
11 лая рекомендовать свое произведение, порицает Тимохаровы наблюдения

двух звезд, а именно Аристы Девы и самой северной из трех во лбу Скорпиона, так как его собственные вычисления дают в одном случае бо́льшую, а в другом — меньшую величину; это уже просто детские бредни. 12

Действительно, в наблюдениях Тимохара и Птолемея расстояния между обеими звездами одни и те же, а именно 4 градуса с третью для приблизительно одинаковых промежутков времени, и полученные в его расчете
числа примерно те же самые; однако он не заметил, что после прибавления 13
4 градусов 7 минут к положению звезды, которую Тимохар нашел на втором градусе Скорпиона, никак не могут получиться 6 градусов и 20 минут Скорпиона, где нашел ее Птолемей; и, наоборот, если отнять то же самое число от 26 градусов 40 минут для Аристы у Птолемея, то уже нельзя будет дойти, как следовало бы, до 22 градусов с третью, а придется остановиться на 22 градусах 32 минутах. И вот он думал, что если в одном случае вычисления дали большую, а в другом меньшую величину, то эта разница как бы присуща самим наблюдениям, или что из Афин в Фивы и из Фив в Афины как бы не одна и та же дорога. Кроме того, если бы он в обоих случаях или прибавил, или же отнял это число, как требует одинаковость рассуждения, то он нашел бы, что и тут и там все обстоит совершенно так же. К этому еще добавь, что между Тимохаром и Птолемеем будет в действительности не 443 года, а всего лишь 432, как я сказал в самом начале. А для меньшего промежутка времени должно получиться и меньшее число, так что от наблюденного перемещения звезд у него выйдет отклонение уже не
в 13 минут, а в целую треть градуса. Так свою ошибку он приписал Тимоха- 14
ру, и даже Птолемей еле спасся. И если он считает, что на их наблюдения нельзя полагаться, то отсюда выходит только то, что и его собственным записям верить никак невозможно.

Вот что можно сказать о движении восьмой сферы по долготе; отсюда легко заключить, что следует думать об его деклинационном движении. Он осложнил его еще двумя трепидациями, как он называет, наложив вторую на первую. Но если уж разрушено основание, то необходимо развалится и надстройка, так как все это слабо и мало друг с другом связано.

Наконец, что же я сам думаю о движении сферы неподвижных звезд? Так как все это предназначено для другого места, то я счел излишним и неподходящим останавливаться здесь дольше; достаточно ведь будет, если я только удовлетворю твое желание и ты будешь иметь требуемое тобой мое мнение об этом произведеньице. Да будет в счастливейшем здравии твоя досточтимость.

Николай Коперник.

Из Вармии 3 июня 1524 года
Досточтимому господину
Бернарду Ваповскому,
кантору и канонику Краковской церкви,
секретарю его величества короля Польши,
моему многоуважаемому господину и благодетелю и т. д.

УПСАЛЬСКАЯ ЗАПИСЬ

В конце принадлежавших Копернику Альфонсовых таблиц [1], которые он увез с собой из Кракова в путешествие по Италии и потом хранил в течение всей жизни, имеется тетрадь в 16 листов, в которую Коперник вписывал нужные ему данные. Из этих 16 листов остались незаполненными оборот 3-го, 4-й и 5-й целиком, передняя страница 6-го, оборот 12-го и полностью 13-й и 14-й листы. В настоящее время книга эта находится в библиотеке Упсальского университета.

Можно считать выясненным происхождение таблиц, помещенных в начале «Упсальской записи» (если исключить первую таблицу, смысл которой еще не разгадан). Таблицы 2-го и 3-го листов взяты из рукописи Петра Веделиция (Sygn. Lat. F. IX. 20 варшавской народной библиотеки), в которой были выписки из таблиц Пурбаха, рассчитанных для меридиана Арада (теперь Oradea Mare в Румынии). Отдельные части рукописи таковы.

1. Canones Tabularum Resolutarum.
2. Tabule de madys et veris motibus planetarum super meridianum pragensem.
3. Tabule resolute.
4. Canones tabularum eclipsium.
5. Tabule Eclipsium.
6. Разные таблицы, составленные для меридианов Кракова и Арада.
7. Таблицы планет.
8. Таблицы первого двигателя (Региомонтан).
9. Таблицы синусов.

Помещенная в Упсальской записи Tabula mediae coniunctionis et oppositionis Solis et Lunae входит составной частью в Tabule eclipsium (№ 5 вышеприведенного списка), а среди разных таблиц (№ 6) находятся и Tabulae augis Solaris. Таким образом, эти таблицы относятся еще к университетскому краковскому периоду. Возможно, что к нему относится и Tabula aequacionum Solis, но при ее составлении Коперник исправляет таблицы Региомонтана, так что мы имеем более высокую ступень астрономического образования Коперника.

Подбор и сочленение таблиц сделаны по Биркенмайеру (L. A. Birkenmaier. Mikolaj Kopernik, I, Kraków, 1900).

---

[1] Tabulae Alphonsi. Venetils, 1492.

Лист 1*

		Sig.	grad.	min.
0,6	259	5	22	40
0,6	260	6	5	22
0,19	261	6	19	1
1,2	262	7	2	12
1,15	263	7	15	23
1,28	264	7	28	33
2,12	265	8	11	48
2,25	266	8	24	54
3,8	267	9	8	6
3,21	268	9	21	15
4,5	269	10	4	27
4,18	270	10	17	34
5,1	271	11	0	47
5,14	272	11	13	59
6,0	273	11	27	8
Or.0,10	274	0	10	20
0,10	275	0	23	29
0,23	276	1	6	40
1,36	277	1	19	52
2,3	278	2	3	1
2,16	279	2	16	12
3,0	280	2	29	22
3,13	281	3	12	33
3,26	282	3	25	43
4,9	283	4	8	54
4,22	284	4	22	5
5,6	285	5	5	15
5,19	286	5	18	26
6,0	287	6	3	34

Verus mo (tus?) . . . ☽

dies	grad.	min.	sec.	
1	0	16	40	2
2	0	33	[2] 6	8
3	0	49	20	18
4	1	4	50	30
5	1	18	20	44
6	1	28	30	54
7	1	34	40	59
8	1	39	20	59
9	1	46	30	52
10	1	57	30	40
11	2	11	30	27
12	2	27	20	15
13	2	43	30	6
14	3	1	40	0

Tabella Revolucionum

Num.	D	H	M	2a	S	G	M	2a
	14	18	22	2	0	14	33	12
	29	12	44	3	0	29	6	24
	44	7	6	5	1	13	39	36
	59	1	28	6	1	28	12	48
	73	19	50	8	2	12	46	1
	88	14	12	9	2	27	19	3

* Примечания к Упсальской записи см. на стр. 458.

Лист 2

Tabula mediae coniunctionis et oppositionis Solis et Lunae annis expansis

Numerus	Tempus				Medius motus Solis et Lunae				Medium argumentum Lunae				Argumentum latitudinis Lunae			
	D	H	M	2a	S	G	M	2a	S	G	M	2a	S	G	M	2a
1	10	15	11	23	11	19	16	50	10	9	48	6	0	8	2	45
2	21	6	22	47	11	8	33	41	8	19	36	14	0	16	5	30
3	2	8	50	7	11	26	56	55	7	25	13	22	1	24	48	29
4	14	0	1	31	11	16	13	45	6	5	1	29	2	2	51	15
5	24	15	12	54	11	5	30	36	6	14	49	36	2	10	54	0
6	5	0	40	14	11	23	53	50	3	20	25	43	3	19	36	59
7	16	8	51	38	11	13	10	41	2	0	14	50	3	27	39	44
8	28	0	3	1	11	2	27	31	0	10	2	57	(4)	5	42	29
9	9	2	30	21	11	20	50	45	11	15	40	5	(4)	14	25	28
10	19	17	41	45	11	10	7	36	9	25	28	12	(4)	22	28	13
11	0	20	9	5	11	28	30	50	9	1	5	19	(5)	1	11	12
12	12	11	20	29	11	17	47	41	7	10	53	26	(5)	9	13	58
13	23	2	31	52	11	7	4	31	5	20	41	33	(5)	17	16	43
14	4	4	59	12	11	25	27	46	4	26	18	41	(5)	25	58	42
15	14	20	10	36	11	14	44	36	3	6	6	48	(6)	4	4	27
16	26	11	21	59	11	4	1	26	1	15	54	55	(6)	12	5	12
17	7	13	49	26	11	22	24	41	0	21	32	2	(6)	20	48	11
18	18	5	6	43	11	11	41	31	11	1	20	9	(6)	28	50	57
19	28	20	12	6	11	0	48	21	9	11	8	10	(7)	6	53	42
20	10	22	39	27	11	19	21	36	8	16	45	24	(7)	15	36	41

Tabella Revolucionum

Ni	S	G	M	2a	S	G	M	2a	S	G	M	2a	S	G	M	2a
	14	18	22	2	0	14	33	12	6	12	54	30	6	15	20	7
	29	12	44	3	0	29	6	24	0	25	49	1	1	0	40	14
	44	7	6	5	1	13	39	36	7	8	43	31	7	16	0	21
	59	1	28	6	1	28	12	48	1	21	35	1	2	1	20	28
	73	19	50	8	2	12	46	1	8	4	32	31	8	16	40	34
	88	14	12	9	2	27	19	13	2	17	27	2	3	2	0	41

Окончание

Mensis	D	H	M	2a	S	G	M	2a	S	G	M	2a	S	G	M	2a
Januarius	1	11	15	54	0	29	6	24	0	25	49	1	1	0	40	14
Februarius	29	11	15	57	0	29	6	24	0	25	49	1	1	0	40	14
Marcius	1	9	47	51	2	27	19	13	2	17	27	2	3	2	0	41
Aprilis	1	21	3	48	3	26	25	37	3	13	16	2	4	2	40	55
Maius	3	8	19	45	4	25	32	1	4	9	5	3	5	3	21	9
Junius	3	19	35	41	5	24	38	35	5	4	54	3	6	4	1	23
Julius	5	6	51	39	6	23	44	49	6	0	43	4	7	4	41	36
Augustus	6	18	7	36	6	22	51	14	6	26	32	5	8	5	21	50
September	7	5	23	33	8	21	57	32	7	22	21	5	9	6	2	4
October	8	16	39	30	8	21	4	8	8	18	10	6	10	6	42	18
November	9	3	55	26	10	20	10	26	9	17	59	6	11	7	22	31
December	10	15	11	23	10	19	16	50	10	9	48	7	0	8	2	45

Mensis	D	H	M	2a	S	G	M	2a	S	G	M	2a	S	G	M	2a
Januarius	1	11	15	57	0	29	6	24	0	25	49	1	1	0	40	14
Februarius	0	22	31	54	1	28	12	48	1	28	12	48	2	1	20	28
Marcius	2	9	47	51	2	27	19	13	2	17	27	2	3	2	0	41
Aprilis	2	21	3	48	3	26	25	37	3	13	16	2	4	2	40	55
Maius	4	8	19	45	4	25	32	1	4	9	5	3	5	3	21	9
Junius	4	19	35	42	5	24	38	25	5	4	54	3	6	4	1	23
Julius	6	6	51	39	6	23	44	49	6	0	43	4	7	4	41	36
Augustus	7	18	7	36	7	22	51	14	6	26	32	5	8	5	21	50
September	8	5	23	33	8	21	57	32	7	22	21	5	9	6	2	4
October	9	16	39	30	9	21	4	8	8	18	10	6	10	6	42	18
November	10	3	35	26	10	20	10	26	9	13	59	6	11	7	22	31
December	11	15	11	23	11	19	16	50	10	9	48	7	0	8	2	45

Mensis	D	H	M	2a	S	G	M	2a	S	G	M	2a	S	G	M	2a
					Mot. anom. solar.				Mot. anom. lun.				Motus lat. lunae			

Лист 3

Tabula augis Solaris

	Grad. Zod.			Motus in anno		Grad. Zod.			Motus in anno		Grad. Zod.			Motus in anno		Grad. Zod.			Motus in anno
	G	M	2a			G	M	2a			G	M	2a			G	M	2a	
1450	0	43	26	34	1610	2	9	55		1770	3	25	36		1930	4	30	19	
1455	0	46	18		1615	2	12	24		1775	3	27	47		1935	4	32	10	
1460	0	49	9		1620	2	14	58		1780	3	29	57		1940	4	34	0	
1465	0	51	59		1625	2	17	28		1785	3	32	7		1945	4	35	50	
1470	0	54	48		1630	2	19	57		1790	3	34	16		1950	4	37	39	
1475	0	57	37		1635	2	22	25		1795	3	36	24		1955	4	39	27	
1480	1	0	25	33	1640	2	24	53	29	1800	3	38	31	25	1960	4	41	14	(21)
1485	1	3	13		1645	2	27	20		1805	3	40	38		1965	4	43	1	
1490	1	6	0		1650	2	29	47		1810	3	42	45		1970	4	44	47	
1495	1	8	47		1655	2	32	13		1815	3	44	51		1975	4	46	33	
1500	1	11	33		1660	2	34	39		1820	3	46	56		1980	4	48	18	
1505	1	14	18		1665	2	37	4		1825	3	49	1		1985	4	50	3	
1510	1	17	3		1670	2	39	29		1830	3	51	5		1990	4	51	47	
1515	1	19	47		1675	2	41	54		1835	3	53	9		1995	4	53	30	
1520	1	22	31	32	1680	2	44	18	28	1840	3	55	12	24	2000	4	55	12	(20)
1525	1	25	14		1685	2	46	41		1845	3	57	14		2005	4	56	54	
1530	1	27	57		1690	2	49	3		1850	3	59	16		2010	4	58	35	
1535	1	30	39		1695	2	51	25		1855	4	1	17		2015	5	0	16	
1540	1	33	20		1700	2	53	46		1860	4	3	17		2020	5	1	56	
1545	1	36	1		1705	2	56	6		1865	4	5	17		2025	5	3	56	
1550	1	38	41		1710	2	58	26		1870	4	7	16		2030	5	5	15	
1555	1	41	20		1715	3	0	45		1875	4	9	15		2035	5	6	53	
1560	1	43	58	31	1720	3	3	3	27	1880	4	11	13	23	2040	5	8	31	(19)
1565	1	46	36		1725	3	5	21		1885	4	13	11		2045	5	10	8	
1570	1	49	13		1730	3	7	38		1890	4	15	8		2050	5	11	45	
1575	1	51	50		1735	3	9	55		1895	4	17	4		2055	5	13	21	
1580	1	54	26		1740	3	12	11		1900	4	18	59		2060	5	14	27	
1585	1	57	2		1745	3	14	27		1905	4	20	54		2065	5	16	32	
1590	1	59	38		1750	3	16	42		1910	4	22	48		2070	5	18	7	
1595	2	2	13		1755	3	18	57		1915	4	24	42		2075	5	19	41	
1600	2	4	48	30	1760	3	21	11	26	1920	4	26	35	22	2080	5	21	15	(19)
1605	2	7	22		1765	3	23	24		1925	4	28	27		2085	5	22	48	

Лист 6 (оборот)

Tabula equacionum Solis

Numeri	0			A		1			A		2			A			Numeri
	G	M	2a	M	2a	G	M	2a	M	2a	G	M	2a	M	2a	3a	
1	0	2	11	2	11	1	4	49	1	53	1	51	35	1	7		29
2	0	4	22	2	11	1	6	42	1	52	1	52	42	1	5		28
3	0	6	33	2	11	1	8	34	1	52	1	53	47	1	3		27
4	0	8	44	2	11	1	10	26	1	51	1	54	50	1	1		26
5	0	10	55	2	11	1	12	17	1	50	1	55	51	1	0		25
6	0	13	6	2	10	1	14	7	1	49	1	56	51	0	58		24
7	0	15	16	2	10	1	15	46	1	47	1	57	49	0	56		23
8	0	17	26	2	10	1	17	43	1	45	1	58	45	0	54		22
9	0	19	36	2	10	1	19	28	1	43	1	59	39	0	52		21
10	0	21	46	2	9	1	21	11	1	42	2	0	31	0	50		20
11	0	23	55	2	9	1	22	53	1	41	2	1	21	0	48		19
12	0	26	4	2	8	1	24	34	1	40	2	2	9	0	45	56	18
13	0	28	12	2	8	1	26	14	1	38	2	2	54	0	43	57	17
14	0	30	20	2	7	1	27	52	1	37	2	3	37	0	40	57	16
15	0	32	27	2	7	1	29	29	1	35	2	4	17	0	38	57	15
16	0	34	34	2	6	1	31	4	1	34	2	4	55	0	36	58	14
17	0	36	40	2	6	1	32	38	1	33	2	5	31	0	34	58	13
18	0	38	46	2	5	1	34	11	1	31	2	6	5	0	32	58	12
19	0	40	51	2	5	1	35	42	1	29	2	6	37	0	29	59	11
20	0	42	56	2	4	1	37	11	1	27	2	7	6	0	27	59	10
21	0	45	0	2	3	1	38	38	1	26	2	7	33	0	25	59	9
22	0	47	3	2	2	1	40	4	1	24	2	7	48	0	23	59	8
23	0	49	5	2	1	1	41	28	1	22	2	8	21	0	21	59	7
24	0	51	6	2	0	1	42	50	1	20	2	8	42	0	18	60	6
25	0	53	6	1	59	1	44	10	1	19	2	9	0	0	16	60	5
26	0	55	5	1	59	1	45	29	1	17	2	9	16	0	13	60	4
27	0	57	4	1	58	1	46	46	1	15	2	9	29	0	11	60	3
28	0	59	2	1	57	1	48	1	1	14	2	9	40	0	8	60	2
29	1	0	49	1	56	1	49	15	1	11	2	9	48	0	6	60	1
30	1	2	45	1	54	1	50	26	1	9	2	9	54	0	4	60	0
Numeri	G	M	2a	M	2a	G	M	2a	M	2a	G	M	2a	M	2a	3a	Numeri
	11			S.		10			S.		9			S.			

Лист 7

Numeri	G	M	2a	M	2a	3a	G	M	2a	M	2a	3a	G	M	2a	M	2a	3a	Numeri
1	2	9	58	0	1	60	1	53	35	1	10	53	1	5	10	2	3	30	29
2	2	9	59	0	0	60	1	52	35	1	11	52	1	3	7	2	4	29	28
3	2	9	59	0	3	60	1	51	14	1	12	51	1	1	3	2	5	28	27
4	2	9	56	0	6	60	1	50	2	1	15	51	0	58	48	2	6	27	26
5	2	9	50	0	8	60	1	48	47	1	17	50	0	56	52	2	8	26	25
6	2	9	42	0	10	60	1	47	30	1	18	50	0	54	44	2	9	25	24
7	2	9	32	0	13	60	1	46	12	1	21	49	0	52	35	2	9	24	23
8	2	9	19	0	15	60	1	44	51	1	24	48	0	50	26	2	10	23	22
9	2	9	4	0	17	60	1	43	27	1	26	48	0	48	16	2	11	22	21
10	2	8	47	0	19	60	1	42	1	1	28	47	0	46	5	2	12	21	20
11	2	8	28	0	22	59	1	40	33	1	30	47	0	43	53	2	13	20	19
12	2	8	6	0	25	59	1	39	3	1	31	46	0	41	40	2	14	19	18
13	2	7	41	0	27	59	1	37	32	1	33	45	0	39	26	2	15	18	17
14	2	7	14	0	30	59	1	35	59	1	35	44	0	37	11	2	16	17	16
15	2	6	44	0	32	59	1	34	24	1	37	43	0	34	55	2	16	16	15
16	2	6	12	0	34	58	1	32	47	1	39	42	0	32	29	2	17	15	14
17	2	5	38	0	37	58	1	31	8	1	41	41	0	30	22	2	18	14	13
18	2	5	1	0	39	58	1	29	27	1	42	41	0	28	4	2	18	13	12
19	2	4	22	0	41	57	1	27	45	1	44	40	0	25	46	2	19	12	11
20	2	3	41	0	43	57	1	26	1	1	46	39	0	23	27	2	20	11	10
21	2	2	58	0	46	57	1	24	15	1	48	39	0	21	7	2	20	10	9
22	2	2	12	0	48	56	1	22	27	1	49	38	0	18	47	2	20	9	8
23	2	1	24	0	51	56	1	20	38	1	51	37	0	16	27	2	20	7	7
24	2	0	33	0	53	56	1	18	47	1	52	36	0	14	7	2	21	6	6
25	1	59	40	0	55	55	1	16	55	1	54	36	0	11	46	2	21	5	5
26	1	58	45	0	57	55	1	15	1	1	55	35	0	9	25	2	21	4	4
27	1	57	48	1	0	54	1	13	6	1	57	34	0	7	4	2	21	3	3
28	1	56	48	1	2	54	1	11	9	1	58	33	0	4	43	2	22	2	2
29	1	55	46	1	4	54	1	9	11	2	0	32	0	2	21	2	21	1	1
30	1	54	42	1	7	53	1	7	11	2	1	31	0	0	0				0
Numeri	G	M	2a	M	2a	3a	G	M	2a	M	2a	3a	G	M	2a	M	2a	3a	Numeri
	8			M A			7			A			6			A			

Лист 7 (оборот)

(*Таблицы широт планет*)

Tabula latitudinis Septemtrionalis Saturni — Tabula latitudinis Meridionalis Saturni

Numeri	0		1		2		3		4		5		0		1		2		3		4		5		Numeri
	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	
1	2	2	2	8	2	16	2	30	2	45	2	57	2	1	2	6	2	15	2	30	2	45	2	58	29
2	2	2	2	8	2	16	2	31	2	45	2	57	2	1	2	6	2	16	2	31	2	46	2	58	28
3	2	2	2	9	2	17	2	32	2	46	2	58	2	1	2	6	2	16	2	31	2	46	2	59	27
4	2	3	2	9	2	17	2	32	2	46	2	58	2	2	2	6	2	17	2	32	2	47	2	59	26
5	2	3	2	10	2	17	2	33	2	46	2	58	2	2	2	6	2	17	2	32	2	47	2	59	25
6	2	3	2	10	2	18	2	34	2	47	2	59	2	2	2	7	2	18	2	33	2	48	3	0	24
7	2	3	2	10	2	18	2	34	2	47	2	59	2	2	2	7	2	18	2	33	2	48	3	1	23
8	2	3	2	10	2	19	2	34	2	48	2	59	2	2	2	7	2	19	2	34	2	49	3	1	22
9	2	3	2	10	2	19	2	35	2	48	2	59	2	2	2	7	2	19	2	34	2	49	3	1	21
10	2	4	2	10	2	20	2	35	2	49	2	59	2	2	2	7	2	20	2	35	2	50	3	1	20
11	2	4	2	10	2	20	2	35	2	49	2	59	2	2	2	7	2	20	2	35	2	50	3	1	19
12	2	4	2	11	2	21	2	36	2	50	3	0	2	3	2	8	2	21	2	36	2	51	3	2	18
13	2	5	2	11	2	21	2	36	2	50	3	0	2	3	2	8	2	21	2	36	2	51	3	2	17
14	2	5	2	11	2	22	2	37	2	51	3	0	2	3	2	8	2	22	2	37	2	52	3	2	16
15	2	5	2	11	2	22	2	37	2	51	3	0	2	3	2	9	2	22	2	37	2	52	3	2	15
16	2	5	2	11	2	23	2	38	2	52	3	0	2	3	2	9	2	23	2	38	2	53	3	2	14
17	2	5	2	11	2	23	2	38	2	52	3	0	2	3	2	9	2	23	2	38	2	53	3	2	13
18	2	6	2	12	2	24	2	39	2	53	3	1	2	4	2	10	2	24	2	39	2	54	3	3	12
19	2	6	2	12	2	24	2	39	2	53	3	1	2	4	2	10	2	24	2	39	2	54	3	3	11
20	2	6	2	13	2	25	2	40	2	53	3	1	2	4	2	11	2	25	2	40	2	54	3	3	10
21	2	6	2	13	2	25	2	40	2	54	3	1	2	4	2	11	2	25	2	40	2	55	3	3	9
22	2	6	2	13	2	26	2	41	2	54	3	1	2	4	2	12	2	26	2	41	2	55	3	3	8
23	2	6	2	13	2	26	2	41	2	54	3	1	2	4	2	12	2	26	2	41	2	55	3	3	7
24	2	7	2	14	2	27	2	42	2	55	3	2	2	5	2	13	2	27	2	42	2	56	3	4	6
25	2	7	2	14	2	27	2	42	2	55	3	2	2	5	2	13	2	27	2	42	2	56	3	4	5
26	2	7	2	14	2	28	2	43	2	55	3	2	2	5	2	13	2	28	2	43	2	56	3	4	4
27	2	7	2	15	2	28	2	43	2	56	3	2	2	5	2	14	2	28	2	43	2	57	3	4	3
28	2	7	2	15	2	29	2	44	2	56	3	2	2	5	2	14	2	29	2	44	2	57	3	4	2
29	2	7	2	15	2	29	2	44	2	56	3	2	2	5	2	15	2	29	2	44	2	57	3	4	1
30	2	8	2	16	2	30	2	45	2	57	3	3	2	6	2	15	2	30	2	45	2	58	3	5	0
Numeri	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	Numeri
	11		10		9		8		7		6		11		10		9		8		7		6		

Лист 8

Tabula latitudinis septemtrionalis Jovis | Tabula latitudinis meridionalis Jovis

Numeri	0		1		2		3		4		5		0		1		2		3		4		5		Numeri
	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	
1	1	6	1	10	1	16	1	30	1	45	1	58	1	4	1	8	1	16	1	30	1	45	2	0	29
2	1	6	1	10	1	16	1	31	1	46	1	59	1	4	1	8	1	16	1	31	1	46	2	1	28
3	1	6	1	10	1	17	1	31	1	46	1	59	1	4	1	8	1	17	1	31	1	46	2	1	27
4	1	7	1	10	1	17	1	32	1	47	1	59	1	5	1	9	1	17	1	32	1	47	2	2	26
5	1	7	1	11	1	17	1	32	1	47	2	0	1	5	1	9	1	17	1	32	1	47	2	2	25
6	1	7	1	11	1	18	1	33	1	48	2	0	1	5	1	9	1	18	1	33	1	48	2	3	24
7	1	7	1	11	1	18	1	33	1	48	2	0	1	5	1	9	1	18	1	33	1	48	2	3	23
8	1	7	1	11	1	19	1	34	1	48	2	1	1	5	1	9	1	19	1	34	1	48	2	4	22
9	1	7	1	11	1	19	1	35	1	49	2	1	1	5	1	9	1	19	1	34	1	49	2	4	21
10	1	8	1	11	1	20	1	35	1	49	2	1	1	6	1	10	1	20	1	34	1	49	2	4	20
11	1	8	1	12	1	20	1	36	1	49	2	2	1	6	1	10	1	20	1	35	1	49	2	5	19
12	1	8	1	12	1	21	1	36	1	50	2	2	1	6	1	10	1	21	1	36	1	50	2	5	18
13	1	8	1	12	1	21	1	37	1	50	2	2	1	6	1	10	1	21	1	36	1	50	2	5	17
14	1	8	1	12	1	22	1	37	1	50	2	2	1	6	1	10	1	22	1	37	1	51	2	5	16
15	1	8	1	12	1	22	1	38	1	51	2	2	1	6	1	10	1	22	1	37	1	51	2	5	15
16	1	8	1	12	1	23	1	38	1	51	2	3	1	6	1	11	1	23	1	38	1	52	2	6	14
17	1	8	1	13	1	23	1	39	1	51	2	3	1	6	1	11	1	23	1	38	1	53	2	6	13
18	1	8	1	13	1	24	1	39	1	52	2	3	1	7	1	11	1	24	1	39	1	54	2	6	12
19	1	8	1	13	1	24	1	40	1	52	2	3	1	7	1	12	1	24	1	39	1	54	2	6	11
20	1	9	1	13	1	25	1	40	1	53	2	3	1	7	1	12	1	25	1	40	1	55	2	6	10
21	1	9	1	13	1	25	1	41	1	53	2	3	1	7	1	12	1	25	1	40	1	55	2	7	9
22	1	9	1	13	1	26	1	41	1	54	2	4	1	7	1	13	1	26	1	41	1	56	2	7	8
23	1	9	1	14	1	26	1	42	1	54	2	4	1	7	1	13	1	26	1	41	1	56	2	7	7
24	1	9	1	14	1	27	1	42	1	55	2	4	1	7	1	13	1	27	1	42	1	57	2	7	6
25	1	9	1	14	1	27	1	43	1	55	2	4	1	7	1	14	1	27	1	42	1	57	2	7	5
26	1	9	1	14	1	28	1	43	1	55	2	4	1	7	1	14	1	28	1	43	1	58	2	7	4
27	1	10	1	15	1	28	1	44	1	56	2	4	1	8	1	15	1	28	1	43	1	58	2	7	3
28	1	10	1	15	1	29	1	44	1	57	2	5	1	8	1	15	1	29	1	44	1	59	2	8	2
29	1	10	1	15	1	29	1	45	1	57	2	5	1	8	1	15	1	29	1	44	1	59	2	8	1
30	1	10	1	16	1	30	1	45	1	58	2	5	1	8	1	16	1	30	1	45	2	0	2	8	0
Numeri	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	Numeri
	11		10		9		8		7		6		11		10		9		8		7		6		

Лист 8 (оборот)

Tabula latitudinis septemtrionalis Martis

Tabula latitudinis septemtrionalis Martis

Numeri	0		1		2		3		4		5		0		1		2		3		4		5		Numeri
	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	
1	0	5	0	14	0	28	0	53	1	34	2	58	0	2	0	8	0	22	0	50	1	39	3	29	29
2	0	5	0	15	0	28	0	54	1	36	3	2	0	2	0	8	0	23	0	51	1	41	3	35	28
3	0	6	0	15	0	29	0	55	1	38	3	5	0	2	0	8	0	23	0	52	1	44	3	41	27
4	0	6	0	15	0	29	0	56	1	40	3	9	0	3	0	9	0	24	0	53	1	46	3	48	26
5	0	7	0	16	0	30	0	57	1	42	3	12	0	3	0	9	0	24	0	55	1	48	3	55	25
6	0	7	0	16	0	31	0	59	1	44	3	16	0	3	0	9	0	25	0	56	1	51	4	2	24
7	0	7	0	16	0	32	1	0	1	47	3	19	0	4	0	9	0	26	0	57	1	54	4	9	23
8	0	8	0	16	0	32	1	1	1	49	3	23	0	4	0	10	0	26	0	59	1	57	4	16	22
9	0	8	0	17	0	33	1	2	1	51	3	26	0	4	0	10	0	27	1	0	2	0	4	23	21
10	0	9	0	17	0	33	1	3	1	54	3	30	0	4	0	10	0	28	1	2	2	3	4	31	20
11	0	9	0	17	0	35	1	4	1	56	3	34	0	4	0	11	0	28	1	3	2	6	4	39	19
12	0	9	0	18	0	35	1	6	1	58	3	38	0	4	0	11	0	29	1	4	2	10	4	47	18
13	0	10	0	18	0	36	1	7	2	1	3	42	0	4	0	12	0	30	1	6	2	13	4	55	17
14	0	10	0	18	0	36	1	8	2	3	3	45	0	5	0	12	0	31	1	7	2	17	5	3	16
15	0	10	0	19	0	37	1	10	2	5	3	48	0	5	0	13	0	32	1	9	2	21	5	11	15
16	0	11	0	19	0	38	1	11	2	7	3	53	0	5	0	13	0	33	1	10	2	25	5	19	14
17	0	11	0	20	0	39	1	12	2	10	3	56	0	5	0	14	0	34	1	12	2	29	5	27	13
18	0	11	0	20	0	40	1	14	2	13	4	0	0	5	0	14	0	35	1	13	2	33	5	35	12
19	0	11	0	21	0	41	1	15	2	16	4	3	0	6	0	15	0	36	1	15	2	37	5	43	11
20	0	12	0	21	0	41	1	17	2	19	4	6	0	6	0	15	0	37	1	16	2	41	5	51	10
21	0	12	0	22	0	42	1	18	2	23	4	8	0	6	0	16	0	38	1	18	2	45	6	0	9
22	0	12	0	22	0	43	1	20	2	25	4	10	0	6	0	17	0	39	1	20	2	49	6	9	8
23	0	12	0	23	0	44	1	21	2	28	4	12	0	7	0	17	0	40	1	22	2	53	6	18	7
24	0	13	0	23	0	45	1	23	2	31	4	14	0	7	0	18	0	41	1	24	2	56	6	27	6
25	0	13	0	24	0	46	1	24	2	34	4	16	0	7	0	18	0	42	1	26	3	1	6	36	5
26	0	13	0	24	0	47	1	26	2	37	4	17	0	7	0	19	0	43	1	28	3	6	6	42	4
27	0	13	0	25	0	48	1	28	2	40	4	18	0	8	0	20	0	44	1	30	3	12	6	47	3
28	0	14	0	26	0	49	1	30	2	43	4	19	0	8	0	20	0	45	1	32	3	18	6	52	2
29	0	14	0	26	0	50	1	32	2	47	4	20	0	8	0	21	0	46	1	34	3	23	6	57	1
30	0	14	0	27	0	51	1	34	2	51	4	21	0	8	0	22	0	47	1	37	3	29	7	2	0
Numeri	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	Numeri
	11		10		9		8		7		6		11		10		9		8		7		6		

Лист 9

Tabella latitudinis Veneris

Prima pars tabellae | Altera pars tabellae

Numeri	0				1				2				3				4				5				Numeri
	Declinatio		Reflectio		Declinatio		Reflectio		Declinatio		Reflectio		Declinatio		Reflectio		Declinatio		Reflectio		Declinatio		Reflectio		
	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	
1	1	3	0	1	0	57	0	41	0	35	1	21	0	1	1	58	1	2	2	25	3	10	2	21	29
2	1	3	0	2	0	56	0	42	0	34	1	23	0	2	1	59	1	5	2	26	3	17	2	20	28
3	1	3	0	3	0	56	0	44	0	33	1	24	0	4	2	0	1	7	2	26	3	24	2	18	27
4	1	2	0	5	0	56	0	45	0	32	1	25	0	6	2	1	1	9	2	27	3	31	2	16	26
5	1	2	0	6	0	55	0	47	0	30	1	27	0	8	2	2	1	11	2	27	3	38	2	14	25
6	1	2	0	8	0	55	0	48	0	29	1	28	0	10	2	3	1	13	2	28	3	44	2	12	24
7	1	2	0	9	0	51	0	49	0	28	1	29	0	11	2	4	1	16	2	28	3	51	2	10	23
8	1	2	0	10	0	54	0	51	0	27	1	31	0	13	2	5	1	19	2	29	3	58	2	7	22
9	1	2	0	11	0	53	0	52	0	26	1	32	0	15	2	6	1	22	2	29	4	5	2	4	21
10	1	1	0	12	0	52	0	53	0	25	1	33	0	16	2	7	1	25	2	29	4	12	2	1	20
11	1	1	0	14	0	52	0	55	0	24	1	34	0	18	2	8	1	29	2	30	4	19	1	58	19
12	1	1	0	15	0	51	0	56	0	23	1	35	0	20	2	9	1	33	2	30	4	26	1	55	18
13	1	1	.0	16	0	51	0	57	0	22	1	37	0	22	2	10	1	37	2	30	4	33	1	51	17
14	1	1	0	20	0	50	0	58	0	21	1	38	0	24	2	11	1	41	2	30	4	41	1	47	16
15	1	0	0	28	0	49	1	0	0	20	1	39	0	26	2	12	1	45	2	30	4	49	1	42	15
16	1	0	0	20	0	48	1	1	0	19	1	40	0	28	2	13	1	49	2	30	4	57	1	37	14
17	1	0	0	21	0	47	1	3	0	18	1	41	0	30	2	14	1	54	2	30	5	5	1	32	13
18	1	0	0	22	0	46	1	4	0	17	1	43	0	32	2	15	·1	59	2	30	5	13	1	21	12
19	1	0	0	24	0	46	1	5	0	16	1	44	0	34	2	16	2	3	2	30	5	22	1	21	11
20	1	0	0	28	0	45	1	6	0	15	1	45	0	36	2	17	2	7	2	29	5	32	1	15	10
21	1	0	0	29	0	41	1	8	0	14	1	47	0	38	2	18	2	11	2	29	5	42	1	9	9
22	0	59	0	38	0	43	1	9	0	13	1	48	0	40	2	19	2	15	2	29	5	52	1	3	8
23	0	59	0	39	0	42	1	11	0	12	1	49	0	42	2	20	2	19	2	28	6	2	0	55	7
24	0	59	0	34	0	41	1	12	0	10	1	50	0	45	2	20	2	23	2	28	6	12	0	48	6
25	0	59	0	32	0	41	1	13	0	8	1	51	0	47	2	21	2	29	2	27	6	23	0	40	5
26	0	58	0	37	0	40	1	14	0	7	1	52	0	49	2	22	2	35	2	26	6	34	0	32	4
27	0	58	0	36	0	39	1	16	0	4	1	53	0	52	2	23	2	42	2	25	6	46	0	24	3
28	0	58	0	37	0	38	1	17	0	3	1	54	0	54	2	24	2	49	2	24	6	58	0	16	2
29	0	57	0	39	0	37	1	18	0	3	1	55	0	56	2	25	2	56	2	23	7	10	0	.8	1
30	0	57	0	40	0	36	1	20	0	0	1	57	0	50	2	25	3	3	2	22	7	22	0	0	0
Numeri	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	Numeri
	11				10				9				8				7				6				

Лист 9 (оборот)

Tabella latitudinis Mercurii

Superior pars circuli | Inferior pars circuli

Numeri	0				1				2				3				4				5				Numeri
	Declinatio		Reflectio		Declinatio		Reflectio		Declinatio		Reflectio		Declinatio		Reflectio		Declinatio		Reflectio		Declinatio		Reflectio		
	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	
1	1	46	0	1	1	35	0	57	0	58	1	45	0	2	2	21	1	28	2	28	3	11	1	42	29
2	1	46	0	3	1	34	0	59	0	56	1	47	0	5	2	22	1	31	2	28	3	14	1	39	28
3	1	45	0	5	1	33	0	0	0	55	1	48	0	7	2	23	1	34	2	28	3	17	1	36	27
4	1	45	0	7	1	32	1	2	0	53	1	49	0	10	2	24	1	37	2	27	3	20	1	34	26
5	1	45	0	9	1	31	1	4	0	51	1	50	0	12	2	25	1	41	2	27	3	23	1	32	25
6	1	45	0	11	1	30	1	6	0	49	1	52	0	15	2	25	1	45	2	26	3	26	1	29	24
7	1	45	0	13	1	29	1	7	0	48	1	53	0	17	2	26	1	49	2	26	3	29	1	26	23
8	1	45	0	14	1	28	1	9	0	46	1	54	0	19	2	26	1	53	2	25	3	32	1	23	22
9	1	45	0	16	1	27	1	11	0	44	1	56	0	22	2	27	1	57	2	24	3	35	1	20	21
10	1	44	0	18	1	26	1	13	0	42	1	57	0	25	2	27	2	0	2	23	3	38	1	17	20
11	1	44	0	20	1	25	1	15	0	40	1	58	0	28	2	27	2	3	2	22	3	40	1	14	19
12	1	44	0	22	1	23	1	17	0	38	2	0	0	31	2	28	2	6	2	21	3	42	1	10	18
13	1	44	0	23	1	22	1	19	0	36	2	1	0	33	2	28	2	10	2	20	3	44	1	7	17
14	1	44	0	25	1	20	1	20	0	34	2	3	0	36	2	28	2	13	2	19	3	46	1	4	16
15	1	44	0	27	1	19	1	22	0	32	2	4	0	39	2	28	2	17	2	17	3	48	1	0	15
16	1	43	0	29	1	17	1	23	0	30	2	5	0	42	2	29	2	20	2	15	3	50	0	56	14
17	1	43	0	31	1	16	1	25	0	28	2	6	0	45	2	29	2	23	2	13	3	52	0	52	13
18	1	43	0	33	1	15	1	26	0	26	2	7	0	48	2	29	2	26	2	11	3	54	0	48	12
19	1	43	0	35	1	14	1	27	0	24	2	8	0	51	2	29	2	30	2	10	3	56	0	44	11
20	1	42	0	36	1	13	1	29	0	22	2	9	0	54	2	29	2	33	2	8	3	58	0	40	10
21	1	42	0	38	1	12	1	30	0	20	2	11	0	57	2	29	2	37	2	6	3	59	0	36	9
22	1	41	0	40	1	11	1	32	0	19	2	12	1	0	2	30	2	41	2	4	4	0	0	32	8
23	1	41	0	42	1	10	1	33	0	17	2	13	1	3	2	30	2	44	2	2	4	1	0	28	7
24	1	40	0	44	1	8	1	35	0	16	2	14	1	6	2	30	2	47	2	0	4	2	0	24	6
25	1	40	0	46	1	7	1	36	0	14	2	15	1	9	2	30	2	51	1	58	4	2	0	20	5
26	1	39	0	48	1	5	1	38	0	12	2	16	1	12	2	30	2	54	1	56	4	3	0	16	4
27	1	39	0	49	1	3	1	39	0	9	2	17	1	15	2	30	2	57	1	54	4	3	0	12	3
28	1	39	0	51	1	2	1	41	0	6	2	18	1	18	2	29	3	1	1	51	4	3	0	8	2
29	1	37	0	53	1	0	1	43	0	3	2	19	1	21	2	29	3	4	1	48	4	4	0	4	1
30	1	36	0	55	1	59	1	44	0	0	2	20	1	25	2	29	3	7	1	45	4	4	0	0	0
Numeri	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	Numeri
	11				10				9				8				7				6				

Лист 10

Veneris Mercurii Minuta

Linea numerorum	Deviatio borealis						Deviatio australis						Ad declinationem						Linea numerorum
	0 6		1 7		2 8		0 6		1 7		2 8		0 6		1 7		2 8		
	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	
0	10	0	8	41	5	0	45	0	39	0	22	30	0	0	30	0	52	0	30
1	9	59	8	32	4	51	44	57	38	33	21	48	1	4	30	52	52	36	29
2	9	59	8	28	4	42	44	54	38	6	21	6	2	8	31	44	52	52	28
3	9	58	8	22	4	33	44	51	37	39	20	24	3	12	32	36	53	18	27
4	9	57	8	16	4	24	44	48	37	12	19	42	4	16	33	28	53	44	26
5	9	56	8	10	4	14	44	45	36	45	19	0	5	20	34	20	54	10	25
6	9	56	8	4	4	4	44	42	36	18	18	18	6	24	35	12	54	36	24
7	9	55	7	58	3	54	44	35	35	48	17	33	7	24	36	9	55	0	23
8	9	53	7	52	3	44	44	27	35	18	16	48	8	24	36	48	52	24	22
9	9	51	7	45	3	34	44	20	34	48	16	3	9	24	37	36	55	48	21
10	9	49	7	38	3	24	44	12	34	18	15	18	10	24	38	24	56	12	20
11	9	47	7	31	3	14	44	5	33	48	14	33	11	24	39	12	56	36	19
12	9	46	7	24	3	4	43	52	33	18	13	48	12	24	40	0	57	0	18
13	9	44	7	17	2	54	43	45	32	45	13	3	13	24	40	44	57	16	17
14	9	42	7	10	2	44	43	33	32	12	12	18	14	24	41	28	57	32	16
15	9	39	7	3	2	34	43	21	31	39	11	33	15	24	42	12	57	48	15
16	9	36	6	55	2	24	43	9	31	6	10	48	16	24	42	56	58	4	14
17	9	33	6	48	2	14	42	57	30	33	10	3	17	24	43	40	58	20	13
18	9	30	6	40	2	4	42	45	30	0	9	18	18	24	44	24	58	36	12
19	9	26	6	33	1	54	42	27	29	24	8	33	19	24	45	4	58	40	11
20	9	22	6	24	1	44	42	9	28	48	7	48	20	24	45	44	58	56	10
21	9	18	6	16	1	34	41	51	28	12	7	3	21	24	46	24	59	6	9
22	9	14	6	8	1	24	41	33	27	36	6	18	22	24	47	4	59	16	8
23	9	10	6	0	1	14	41	15	27	0	5	33	23	24	47	44	59	26	7
24	9	6	5	52	1	4	40	57	26	24	4	48	24	24	48	23	59	36	6
25	9	2	5	48	0	54	40	38	25	25	4	0	25	20	49	0	59	40	5
26	8	58	5	36	0	43	40	18	25	6	3	12	26	16	49	36	59	44	4
27	8	53	5	27	0	32	39	59	24	27	2	24	27	12	50	12	59	46	3
28	8	49	5	18	0	22	39	39	23	48	1	36	28	8	50	48	59	52	2
29	8	45	5	9	0	11	39	20	22	9	0	48	29	4	51	24	59	56	1
30	8	41	5	0	0	0	39	0	22	30	0	0	30	0	52	0	60	0	0
Numeri	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	Numeri
	5 11.		4 10		3 9		5 11		4 10		3 9		11 5		10 4		9 3		

Лист 10 (оборот)

Tabella minutorum proportionabilium quinque planetarum

Linea numerorum	Superior pars septemtrionalis						
	0 6		1 7		2 8		Sept. Mer.
	M	2a	M	2a	M	2a	
1	59	56	51	24	29	4	29
2	59	52	50	48	28	8	28
3	59	48	50	12	27	12	27
4	59	45	49	36	26	16	26
5	59	40	49	0	25	20	25
6	59	36	48	24	24	24	24
7	59	26	47	44	23	24	23
8	59	16	47	4	22	24	22
9	59	6	46	24	21	24	21
10	58	56	45	44	20	24	20
11	58	46	45	4	19	24	19
12	58	36	44	24	18	24	18
13	58	20	43	20	17	24	17
14	58	4	42	46	16	24	16
15	57	48	42	12	15	24	15
16	57	32	41	28	14	24	14
17	57	16	40	44	13	24	13
18	57	0	40	0	12	24	12
19	56	36	39	12	11	24	11
20	56	12	38	24	10	24	10
21	55	48	37	36	9	24	9
22	55	24	36	48	8	24	8
23	55	0	36	0	7	24	7
24	54	36	35	12	6	24	6
25	54	10	34	20	5	20	5
26	53	44	33	28	4	16	4
27	53	18	32	36	3	12	3
28	52	52	31	44	2	8	2
29	52	26	30	42	1	4	1
30	52	0	30	0	0	0	0
	M	2a	M	2a	M	2a	Linea numerorum
	Mer. Sept.	5 11	4 10		3 9		

Inferior pars meridionalis

Лист 11

Tabula minutorum proportionalium ad reflectionem Mercurii

Numeri	Prima pars						Altera pars						Numeri
	0		1		2		3		4		5		
	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	
0	54	0	46	48	27	0	0	0	32	0	57	12	30
1	53	56	46	16	26	8	1	1	33	58	57	41	29
2	53	53	45	24	25	18	2	2	34	55	58	10	28
3	53	49	45	12	24	28	3	3	35	53	58	39	27
4	53	45	44	39	23	38	4	4	36	51	59	7	26
5	53	41	44	1	22	38	5	5	37	46	59	36	25
6	53	38	43	24	21	56	6	7	38	43	60	4	24
7	53	29	42	58	21	4	7	9	39	33	60	31	23
8	53	20	42	22	20	10	8	14	40	29	60	58	22
9	53	11	41	46	19	16	9	20	41	22	61	24	21
10	53	2	41	10	18	23	10	26	42	15	61	50	20
11	52	52	40	34	17	28	11	33	43	8	62	16	19
12	52	44	39	58	16	34	12	38	44	0	62	42	18
13	52	29	39	18	15	40	13	44	44	49	63	0	17
14	52	14	38	39	14	46	14	50	45	38	63	18	16
15	52	0	37	59	13	52	15	56	46	26	63	36	15
16	51	46	37	20	12	54	17	2	47	14	63	53	14
17	51	32	36	44	12	4	18	8	48	2	64	11	13
18	51	18	36	6	11	10	19	14	48	50	64	28	12
19	50	52	35	16	10	16	20	20	49	34	64	39	11
20	50	36	34	34	9	22	21	26	50	18	64	50	10
21	50	14	33	47	8	28	22	33	51	2	65	1	9
22	49	54	33	7	7	34	23	38	51	46	65	12	8
23	49	30	32	24	6	40	24	44	52	13	65	23	7
24	49	8	31	41	5	46	25	50	53	14	65	34	6
25	48	45	30	52	4	49	26	52	53	54	65	39	5
26	48	22	30	7	3	52	27	54	54	33	65	44	4
27	47	49	29	20	2	54	28	55	55	13	65	48	3
28	47	34	28	33	1	56	29	57	55	52	65	52	2
29	47	12	27	46	0	58	30	58	56	33	65	56	1
30	46	48	27	0	0	0	32	0	57	12	66	0	0
Numeri	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	M	2a	Numeri
	11		10		9		8		7		6		

Лист 11 (оборот) — 12

Latitudinem Veneris et Mercurii invenire

Cum argumento aequato intra tabulam declinacionis et reflectionis, cuius latitudinem quaere ac eius in angulo communi declinationem et reflectionem, et seorsim scribe. Demum cum centro vero minuta proportionalia ad declinationem accipe, et ex tabella generali minutorum proportionalium cum eodem centro recipe minuta ad reflectionem; hoc dumtaxat in Venere. In Mercurio autem addes aliam tabulam ad hoc deputatam. Unumquodque sub suo genere scribe singulis aequatis per partem proportionalem. Ubi opus fuerit cum centro eius vero accipias deviacionem, quae quidem in Venere septemptrionalis est, in Mercurio vero meridionalis. His itaque notatis multiplica minuta declinationis per declinationem eius; quod proveniet, erit prima latitudo, quae proveniet ex declinatione epicicli, quam serva. Si igitur declinacio fuerit reperta in prima parte tabulae, aut si argumentum aequatum fuerit in superiori parte circuli, centrum quoque minus 6 signis extiterit, aut si argumentum in inferiori parte circuli et centrum plus 6 signis habuerit, erit haec latitudo Veneris septemtrionalis, Mercurii autem meridionalis, Si vero argumentum fuerit in inferiori parte circuli centro minus 6 signis exeunte, aut cum argumentum in superiori parte epicicli et centrum plus 6 signis fuerit, erit haec Veneris meridionalis, Mercurii septemtrionalis latitudo: sic partem eius cognosces. Duc similiter minuta reflectionis in reflectionem, et proveniet reflectio aequata, quae, si argumentum minus 6 signis fuerit, centrum quoque in superiori medietate circuli, vel si argumentum plus 6 signis fuerit et centrum in inferiori medietate, erit haec Veneris septemtrionalis, Mercurii meridionalis, Si autem argumentum minus 6 signis et centrum in inferiori porcione circuli, aut si argumentum plus semicirculo ac centrum in superiori parte circuli fuerit, erit haec Veneris meridionalis et Mercurii septemtrionalis latitudo. Has demum tres latitudines simul collige, si eiusdem partis fuerint, aut minorem de maiori deme collectis prius latitudinibus, quae eiusdem erant denominationis, et proveniet vel relinquetur latitudo vera quaesiti illius denominationis, a quo fuit subtractio.

Лист 15

Saturni apogeum	240.21	Anno 1527	♏ 7
Jovis apogeum	159.0	Anno 1529	♎ 27
Martis	119.40	Anno 1523	♌ 27
Veneris	48.30	Anno 1532	♊ 16

Лист 15 (оборот)

(D_1) Eccentricitas Martis 6583
Epiciclus primus 1492
Epiciclus secundus 494
Jovis eccen ⟨tricitas⟩ 1917. Epicyclus a. 777. b. 259
Saturni eccent⟨ricitas⟩ 1083 Epicyclus a. 852. b. 284
Mercurii eccent⟨ricitas⟩ 22566. Epicyclus a. cum B [10] 6 . . . 100
diversitas diametri 1151 [59] 19
(D_2) proportio orbium caelestium ad
eccentricitatem 25 partium
Martis semidyameter orbis 38 fere. Epicyclus a. 5. M 34 1/2.
Epicyclus. b. M. 51

Jovis semi⟨diameter⟩ 130 M. 25. epicyclus. a. $10\frac{1}{10}$. b. $3\frac{11}{30}$

Saturni semi⟨diameter⟩ $230\frac{5}{6}$. epicyclus. a. $19\frac{41}{60}$. b. $6\frac{17}{30}$

Veneris sem ⟨idiameter⟩ 18. epicyclus, a. $\frac{3}{4}$. b. $\frac{1}{4}$

Mercurii orbis 9.24.

[Epi⟨cyclus⟩ a. $1.44\frac{3}{4}$. $1.42\frac{3}{4}$. b. $30\ 34\frac{1}{4}$]

Epicyclus a. $1.41\frac{1}{4}$. b. $0.33\frac{3}{4}$ coll. 1.7 1/2 (diversitas diametri 0.29)

Semid ⟨iameter⟩ orbis Lunae ad epicycl ⟨um⟩ a. $\frac{10}{1\,{}^{1}/_{18}}$. epicyclus. a. ad. b. $\frac{19}{4}$

Лист 16

S	G		M	S		
11.30	1	12	29	30		
11.40	1	12	25	40		
11.50	1	12	21	50		
12.0	1	12	80	0		
12.10	1	12	14	10		
12.20	1	12	10	20		
12.30	1	12	6	30		
12.40	1	12	2	40	1	0.23
12.50	1	11	58	50	2	0.46
13.0	1	11	55	0	3	1.9
13.10	1	11	51	10	4	1.32
13.20	1	11	47	20	5	1.55
13.30	1	11	43	30	6	2.18
13.40	1	11	39	40	7	2.41
13.50	1	11	35	50	8	3.4
14.0	1	11	32	0	9	3.27
14.10	1	11	28	10	10	3.50
14.20	1	11	24	20		
14.30	1	11	20	30		
14.40	1	11	16	40		
14.50	1	11	12	50		
15.0	1	11	9	0		
15.10	1	11	5	10		
15.20	1	11	1	20		
15.30	1	10	56	30		
15.40	1					
15.50	1					

Лист 16 (оборот).

I. Alfonsus rex fuit, de quo dicit Egidius, quod ille fuit liberalissimus regum, dedit enim pro duobus sexternis pro d' tabularum astronomicarum correctione 100 000.

II.

(1) 1500 Anno completo

(2) 4 3 2 1

(3) 2 32 11 15

(4) S. G. M. 2a

(5) 19 [41 30] Aux communis

(6) 10 56 53 γ tϑ *

(7) 1 16 20 8 recessus et ac⟨cessus⟩

(8) 19 45 45

(9) 11 1 13 17 γtϑ *

(10) 2 31 1 ∂ra

III. 1500

die nona Januarii hora noctis fere secunda fuit

☌☽♄ in 15.42 ♉

hoc modo * ☽ bononie.

Quarta Martii hora fere prima noctis fuit ☌☽♄ in 18.28 ♉ fuitque tunc ☽ in altitudinem visa 35 et altius visa ✳que est in ore ♈ 21 gradus *☽ bononie.

IV.

Mars superat numerationem plusq 911ñ

Saturnus superatur a numeratione 9 1 $\frac{1}{2}$

Alfonsus rex fuit de quo dicit Egidius q ille
fuit liberalissimus regum dedit enim p duobus
sextariis p d' tabulas astronomie correctorum
dedit enim 100000

1500 Anno completo

4 3 2 1
2 32 11 14
8 ♂ [illegible] 2
19 41 30 [illegible]
10 56 43 [illegible] *
1 16 30 8 [illegible]
19 44 44
11 1 13 17 [illegible] *
2 31 [illegible]

1500

die nona January hora noctis fere secunda fuit ☌ ☽ ♄ in 15 42 ♉
hoc modo [illegible] bononie

Quarta Marty hora fere prima noctis fuit ☌ ☽ ♄ in 18 20 ♉
fuitque tunc ☽ in altitudine versa 34 et alter versa * que
est in ore ♉ 21 g [illegible] bononie

Mars superat mutationem phusque g ij
Saturnus superatur a motu g 1 1/2

Последняя страница Упсальской записи

Примечания

Лист 1. По-видимому, таблицы касаются движения Луны (29 строк первой таблицы соответствуют 29 дням синодического месяца). Or (orientalis) — восточный. Все числа даны в шестидесятеричной системе счисления: например, 6,0 = 6·60 = 360. Sig (signum) — знак зодиака — 30°. Verus motus — истинное движение, dies — день, num (numerus) — число, D H M 2a — день час минута секунда. Tabella Revolutionum — таблица оборотов.

Биркенмайер (Mik. Кор., стр. 154 сл.) считает, что в данном случае дело шло о движении большого эпицикла по деференту и Луны по малому эпициклу.

Лист 2. Таблицы относятся к вычислению солнечных и лунных затмений. Перевод заглавия первой таблицы: «Таблица среднего соединения и противостояния Солнца и Луны с течением лет». Аргументом первой таблицы являются календарные года; в столбце Tempus (время) дается число дней, оставшееся после 12 синодических месяцев. Продолжительность синодического месяца взята равной 29 дням 12 час. 44 мин. 3 сек., как и в таблицах Альфонса. Так как три месяца равны 88 дням 14 час. 12 мин. 9 сек., то 12 месяцев имеют 354 дня 8 час. 48 мин. 36 сек.; прибавив 10 дней 15 час. 11 мин. 23 сек., получаем продолжительность календарного года (365 дней).

Третий столбец дает среднее движение Солнца и Луны, т. е. движение Солнца за 12 синодических месяцев; например, 349°16′50″= 30·11 + 19°16′50″. В четвертом и пятом столбцах представлено то же для «Среднего аргумента Луны» и «Аргумента широты Луны».

Во второй таблице Ni — numeri. Названия первого столбца следует читать D H $\overline{\text{M}}$ 2a, так как в нем даются соответственно продолжительности половины, целого, полутора, двух, двух с половиной и трех синодических месяцев.

Третья таблица аналогична помещенной в гл. XXVIII четвертой книги De Revolutinibus: она вычислена для простого и високосного года и представляет движение солнечной аномалии, лунной аномалии и широты луны.

Лист 3. Таблица представляет движение солнечного апогея (aux, родит. augis — латинская переделка соответствующего арабского слова). Первый столбец дает года, второй — положение апогея в градусах зодиака, третий (motus in anno) — движение в течение года.

Так как долгота апогея в историческое время была более 60°, то данные скорее представляют движение равноденственных точек. Числа второго столбца, как показывает Биркенмайер, могут быть найдены по формуле

$$y = 0°43'26'' + 10\,861'' \frac{t - 1450}{315} - 1264'' \frac{(t - 1450)^2}{315^2};$$

разницы не превышают 8″. Максимум получается при $t = 2083$, т. е. у конца таблицы, значению $y = 0$ соответствует $t = 1375$. Величина периода изменения $T = 4\,(2083 - 1375) = 5712$ лет.

Таблица, конечно, вычислена до Коперника; она связана со старой теорией, согласно которой перемещение апогея получается только в результате прецессии.

Лист 6 (оборот) — лист 7. На обороте 6-го листа и передней странице 7-го помещена таблица уравнений Солнца (современное уравнение центра) в двух частях.

В таблице Numeri стоят градусы аномалии, цифрами 0,1,...,12 обозначены аналогичные знакам зодиака 30-градусные доли, буквы A обозначают Addenda — прибавить, M и S соответствуют minuenda и substrahenda — уменьшить и вычесть. Начиная с 72 градуса в разностях прибавлены еще терции, которые фактически не работают.

Соответствующая таблица имеется и среди Альфонсовых, но там значения не совсем верны; поэтому Коперник дает новые величины. Как показал Биркенмайер (Mik. Kop., стр. 162 сл.), его вычисление соответствовало формуле

$$\operatorname{tg} p = \frac{\sin 2°10' \sin \beta}{1 + \sin 2°10' \cos \beta},$$

где p — уравнение центра, 2°10′— эксцентриситет земной (или солнечной) орбиты. Действительно:

β	Таблица Альфонса	Таблица Коперника	p
5	0°10′44″	0°10′55″	0° 0′55″
10	0 21 28	0 21 46	0 21 46
11	0 23 36	0 23 55	0 23 55
12	0 25 45	0 26 4	0 26 35
13	0 27 53	0 28 12	0 28 12
14	0 30 1	0 30 20	0 30 20
15	0 32 8	0 32 27	0 32 27
20	0 42 43	0 42 56	0 42 55,5
25	0 53 4	0 53 6	0 53 6
30	1 2 54	1 2 55	1 2 55

Лист 7 (оборот) — 11. Эти восемь таблиц относятся к наименее самостоятельной части гениального произведения Коперника, а именно к определению широт планет, в котором он в значительной части сохраняет методику Птолемея. Различия с таблицами шестой книги De Revolutionibus состоят в следующем.

1. В таблицах рукописи значения аргумента даются в знаках (по 30°) и в градусах (от 0 до 30), в De Revolutionibus только в градусах, которые зато считаются через 3°.

2. Несколько отличаются числовые значения. Наибольшая южная широта Марса по Упсальским записям равна 7°2′, а в De Revolutionibus — 6°60′. То же самое относится к деклинации Венеры, как показывает следующая таблица:

Аргумент	171°	174°	177°	180°
Данные Упсальской записи . .	5°42′	6°12′	6°46′	7°22′
Данные De Revolutionibus . .	5°36′	5°52′	6°7′	6°22′

Для Меркурия, Юпитера и Сатурна разницы незначительны.

3. Название трех видов широт для Меркурия и Венеры в Упсальских записях — деклинация, рефлекция и девиация; в тексте De Revolutionibus вместо рефлекции употребляется термин обликвация (перевод с греческого λόξωσις — obliquatio). Далее, значения девиации в Упсальской записи уменьшаются, в таблицах De Revolutionibus, наоборот, возрастают. Последняя (восьмая) таблица (рефлекция Меркурия) в De Revolutionibus отсутствует; вообще таблицы печатных изданий менее подробны, чем приведенные в Упсальской записи.

Основные теоретические положения, на которых основывается вычисление, в обоих случаях одни и те же, но употребление термина reflectio вместо obliquatio показывает, что Упсальские таблицы являются более ранними, чем таблицы De Revolutionibus; что же касается terminus post quem их составления, то единственное указание можно видеть в том, что на таблице для Венеры нарисован плющ—эмблема резчика Шиллинга, отца Анны Шиллинг, судьба которой очень интересовала Коперника в конце его жизни. Это было во время усиленной деятельности Коперника по вопросу о монетной реформе, т. е. примерно в 1528—1529 гг. Правда, решающим это соображение не является, потому что знак плюща имеется на греческом словаре Хрестония, покупка которого относится к значительно более раннему времени, и с Шиллингом Коперник мог познакомиться в какое-нибудь из своих пребываний в Кракове. Впрочем, особо важного значения для истории развития гипотезы Коперника указанное обстоятельство не имеет.

Лист 11 (оборот) — 12

Как найти широту Венеры и Меркурия[1]

С уравненным аргументом широты войди в таблицу деклинации и рефлекции планеты, широту которой ищешь; для общего значения угла найди деклинацию и рефлекцию и напиши каждую отдельно. Затем для истинного положения центра эпицикла возьми пропорциональные минуты, относящиеся к деклинации, а из общей таблицы пропорциональных минут для того же положения центра возьми пропорциональные минуты для рефлекции; так только для Венеры. Для Меркурия же ты добавишь иную таблицу, для этого предназначенную. Каждое из этих значений ты напишешь в соответствующей ему колонке, уравняв их при помощи пропорциональной части. Если понадобится, то для истинного положения центра возьми девиацию, которая для Венеры будет северной, а для Меркурия — южной. Записав их, помножь пропорциональные минуты деклинации на деклинацию рассматриваемой планеты; что полу-

[1] Перевод.

чится, будет первой широтой, которая происходит от деклинации (наклона) эпицикла; сохрани ее. Если значение деклинации найдется в первой части таблицы или если уравненный аргумент будет в верхней части круга, а аномалия центра окажется менее 6 знаков, или если аргумент будет в нижней части круга и центр имеет более 6 знаков, то эта широта будет для Венеры северной, а для Меркурия — южной. Если же аргумент будет в нижней части круга и для центра получится менее 6 знаков или если аргумент будет в верхней части эпицикла, а центр имеет более 6 знаков, то эта широта будет для Венеры южной, а для Меркурия — северной; так ты узнаешь, в какой стороне она будет. Подобным же образом помножь пропорциональные минуты рефлекции на значение рефлекции; получится уравненная рефлекция; если аргумент будет менее 6 знаков, а центр в верхней половине круга, или же если аргумент более 6 знаков, а центр в нижней половине, то эта широта Венеры будет северной, а Меркурия — южной. Если же аргумент менее 6 знаков, а центр в нижней части круга, или если аргумент более полуокружности, а центр в верхней части круга, то эта широта Венеры будет южной, а Меркурия — северной. Эти три широты сложи вместе, если они окажутся в одной стороне, или же, сложив сначала широты одного наименования, вычти меньшее из большего; тогда в сумме или в остатке получится истинная широта рассматриваемой планеты, и она будет того же наименования, как та широта, из которой производилось вычитание.

Лист 15. Очень важная запись, определяющая время написания пятой книги De Revolutionibus, посвященной движению планет. Мы видим, что разработка этой теории началась после 1523 г. (наверное даже после 1525-го — года написания третьей книги) и закончилась к 1532 г., так как в тексте De Revolutionibus для апогея Венеры стоит еще старая долгота 48°20′, содержащаяся в звездном каталоге второй книги, а также и в соответствующих местах пятой. Отсутствие данных о положении апогея Меркурия показывает, что главы XXX—XXXII пятой книги написаны после 1532 г., когда Коперник получил произведенные Бернгардом Вальтером новые наблюдения Меркурия (возможно, что их привез ему бывший в 1533 г. в Нюрнберге его старый знакомый Иоганн Флаксбиндер, будущий епископ Вармии, более известный под именем Дантиска).

Стоящие после года знаки представляют обозначения зодиакальных созвездий Скорпиона, Весов, Льва и Близнецов, заменяющие названия месяцев. Мы записали бы эти даты так: 1527 г. 7 октября, 1529 г. 27 сентября, 1523 г. 27 июля и 1523 г. 16 мая.

Лист 15 (оборот). Первая запись гелиоцентрической системы Коперника, описанной в Commentariolus. Приведена с исправлениями, сделанными Биркенмайером (Mik. Kop., стр. 182): в квадратных скобках стоят зачеркнутые места, в угловатых —дополнения. Запись состоит из двух частей (D_1 и D_2 в обозначении Биркенмайера), разделенных промежутком.

Термин eccentricitas обозначает не эксцентриситет, а радиус (quae ex centro); во второй части записи этому соответствуют semidiameter. Начнем со второй части, как более понятной.

Заглавие второй части записи (D_2) следующее: «Отношение небесных орбит к радиусу 25 частей». Из соответствующего места в Commentariolus видно, что под eccentricitas 25 partium надо подразумевать радиус орбиты Земли. Если радиус орбиты Земли принять равным 25, то по Копернику радиусы орбит других планет будут:

	Земля	Меркурий	Венера	Марс	Юпитер	Сатурн
Радиус . . .	25	$9\frac{24}{60}$	18	почти 38	$130\frac{25}{60}$	$230\frac{5}{6}$

Если положить радиус орбиты Земли равным единице, то величины радиусов коперниковых орбит, а также истинных средних расстояний для планет будут:

	Меркурий	Венера	Марс	Юпитер	Сатурн
Радиус (Коперник)	0,376	0,720	почти 1,520	5,217	9,233
Истинное среднее расстояние	0,387	0,723	1,524	5,203	9,539

Далее из Commentariolus следует, что числа, стоящие при эпициклах, дают нам величины их радиусов, получающиеся в предположении, что радиус орбиты Земли принят равным 25 частям.

Для эпициклов Марса соответствующая запись в Commentariolus будет: Autem primus partium 5 minutorum 34, secundus minutorum 51. Sic igitur ubique ad primum semidiameter triplo maior est secundo.

Мы видим, что и в Упсальской записи и в Commentariolus сделана одинаковая ошибка. При отношении диаметров эпициклов 1 : 3 диаметры первого и второго эпицикла должны быть $5^{34}/_{60}$ и $1^{51}/_{60}$, но не просто $^{51}/_{60}$.

Для Юпитера, Сатурна и Венеры данные рассматриваемой записи совпадают с приведенными в Commentariolus. Для Меркурия Commentariolus дает величины радиусов первого и второго эпициклов $1^{41}/_{60}$ и $^{34}/_{60}$ fere (почти). Следующие слова надо читать: colligitur (получается) 1; 7 $^1/_2$, что представляет разность 1; 41 $^1/_4$ — 0; 33 $^3/_4$ = 1; 7 $^1/_2$ радиусов обоих эпициклов. Последние слова diversitas diametri 0; 29 (= $^{29}/_{60}$) дают величину колебания центра большого эпицикла по диаметру орбиты, о котором говорится в теории движения Меркурия, помещенной в Commentariolus.

Отличия рассматриваемой записи от текста Commentariolus заключаются лишь в следующем.

Радиус орбиты Марса в обоих списках Commentariolus считается равным 30.

Радиус орбиты Юпитера в стокгольмском списке ошибочно дан равным 230; 25.

Радиус орбиты Венеры в стокгольмском списке ошибочно дан равным 10.

Наконец, в венском списке колебание центра первого эпицикла равно 49′ вместо правильных 29 стокгольмского списка и Упсальской записи.

Последняя строчка записи D_2 переводится так: «Полудиаметр орбиты Луны имеет к радиусу первого эпицикла отношение, равное 10 к $1^1/_{18}$; отношение радиусов первого и второго эпициклов равно 19 : 4».

Теперь мы обратимся к толкованию D_1.

Числа 6583, 1917, 1083, относящиеся соответственно к Марсу, Юпитеру и Сатурну, показывают, какой была бы величина орбиты Земли, если бы орбита соответствующей планеты равнялась 10 000 единиц, каждая из которых равнялась бы умноженной на 25 длине орбиты Земли. Действительно, при помощи значения $R = 25$ для Земли и отношений 38, $130\,^{25}/_{60}$ и $230\,^{5}/_{6}$ мы получим:

$$\text{Для Марса } \frac{6583 \cdot 38}{25} = 10\,006;$$

$$\text{Для Юпитера } \frac{1917 \cdot 130\,^{25}/_{60}}{25} = 10\,000;$$

$$\text{Для Сатурна } \frac{1083 \cdot 230\,^{5}/_{6}}{25} = 9999{,}7.$$

Выбор соответствующих чисел для eccentricitates рассматриваемых планет объясняется тем, что Коперник определял радиус того эпицикла, который в теории Птолемея вводится для объяснения видимых перемещений планеты вследствие годового движения Земли по ее орбите.

Для Меркурия мы должны были бы иметь 26 596 вместо стоящего в списке числа, которое читается как 22 566 или, вероятнее, 22 596.

После этого написаны величины радиусов первого и второго эпициклов, полученные в предположении, что радиус орбиты планеты равен 10 000. В строке для Марса мы имеем ошибочную величину 1492 вместо правильной $1482 = 3 \cdot 494$, так как соотношение радиусов первого и второго эпициклов Коперник, как нетрудно видеть, принимает равным 3 : 1.

Если пересчитать данные D_1 по образцу D_2 для сравнения данных Упсальской записи с Commentariolus, то получим таблицу на следующей странице (по Биркенмайеру).

Время возникновения рассматриваемой записи не должно сильно отличаться от времени составления Commentariolus, т. е. около 1515 года.

Лист 16. Смысл этой таблички остается загадочным. Под буквами S, G, M, S надо понимать Signum (= 30°), Gradus, Minuta, Secunda.

Лист 16 (оборот). Здесь помещены четыре записи (I—IV). I. «Был король Альфонс, о котором Эгидий говорит, что он был самым щедрым из королей. Действительно, за исправление астрономических таблиц он дал 100 000 за два листа (sexternus)».

Речь идет о короле Альфонсе Мудром Кастильском, по повелению которого были составлены знаменитые Альфонсовы таблицы.

	D_1	D_2	Commentariolus	Исправленное значение
Радиус орбиты Марса	37; 58, 30	почти 38	30	почти 38
» эпицикла *a*	5; 37, 30	5; 34; 30	5; 34	5; 34, 30
» эпицикла *b*	1; 52, 30	0; 51	0; 51	1; 51
Радиус орбиты Юпитера	130; 24, 45	130; 25	130 ; 25	130; 25
» эпицикла *a*	10; 8	10; 6	10; 6	10; 6
» эпицикла *b*	3; 22; 40	3; 22	3; 22	3; 22
Радиус орбиты Сатурна	230; 50, 24	230; 50	236; 10	230; 50
» эпицикла *a*	19; 40	19; 41	19; 41	19; 41
» эпицикла *b*	6; 33, 20	6; 34	6; 34	6; 34
Радиус орбиты Венеры	—	18; 0	18; 0	18; 0
Diversitas диаметра орбиты Меркурия	?	0; 29	0 ; 29	0; 29

Упомянутого Эгидия Биркенмайер считает тождественным с автором XIII в. Aegidius de Thebaldis, переводчиком астрологических сочинений Albonazen Haly, (Венеция, 1485) и Quadripartitum Птолемея (Венеция, 1493), имевшихся у Коперника.

II. Объяснение этой записи, остававшейся долгое время загадочной, было почти полностью дано Биркенмайером (Mikolaj Kopernik, стр. 194; Stromata Copernicana, стр. 345—352).

Дело заключается в следующем. 2-я строка 4 3 2 1 имеется в заголовке одной из Альфонсовых таблиц, при помощи которой можно определять число дней в заданном количестве лет. Начало этой таблицы следующее:

Anni	$\bar{4}$	$\bar{3}$	$\bar{2}$	$\bar{1}$
40	0	4	3	30

Это значит, что в сорока годах мы имеем

$$40\cdot 365\ ^1/_4 = 14\,610 \text{ дней},$$

которые в шестидесятеричной системе счисления соответствуют

$$0\cdot 60^3 + 4\cdot 60^2 + 3\cdot 60^1 + 30\cdot 60^0,$$

или в современной записи, восходящей к Нейгебауэру,

0, 4, 3, 30 дней.

Воспользовавшись этими таблицами, в которых имеется

500 0 50 43 45
1000 1 41 27 30,

мы получаем объяснение первых трех строк:

«Для уже исполнившегося 1500 года число дней от начала эры будет

2, 32, 11, 15

—число, которое мы получим после сложения чисел в вышеприведенных строках для 1000 и 500. Таким образом, предвычислялось какое-то явление в самом начале 1501 г.

Буквы четвертой строки нам уже встречались: они обозначают Signum (= 30°), Gradus, Minuta, Secunda. Так как число знаков не может превышать 12, то 19, стоящие в пятой строке оригинала под S, надо сместить вправо, как сделано в нашем воспроизведении.

Тайны 7, 8 и 9-й строк выясняются из таблиц Региомонтана.

В Tabula medii motus accessus et recessus 8 sphere (лист 42 оборот) для аргумента 2, 32, 11, 15 мы находим:

$2\cdot 60^3$	1, 0°49′38″	0‴
$32\cdot 60^2$	16 13 14	8
$11\cdot 60'$	5 34	33
15	7	36
	1,17° 8′34″	17‴

Прибавив к этому Radix (эпоху), для рождества Христова после отбрасывания 6·60= =360 получаем

	1, 17; 8, 34, 17
Radix	5, 59; 12, 34, 0
	1, 16; 21, 8, 17,

что воспроизводит 7-ю строку записи.

Затем на листе 42 таблиц Альфонса для того же аргумента 2, 32, 11, 15 мы имеем:

$2\cdot 60^3$	8°41′22″34‴
$32\cdot 60^2$	2 19 2 1
$11\cdot 60$	44 44
15	1 5
M′	11°1′13″27‴,

что воспроизводит 9-ю строку записи.

Наконец Tabula equationum motus accessus et recessus sphere stellate (лист 43, 3-й столбец) дает для 1, 16, 21, 8:

1, 16°	8°43′50″0‴
21′, 8″	46 8
	8; 44, 36, 8
+ M′	11; 1, 13, 28
	19°45′49″36‴,

что близко к стоящему в 8-й строке.

Близость записей 5-й и 8-й строк, а также 6-й и 9-й показывает, что речь, возможно, шла о соединении двух светил. Действительно, в ночь с 31 декабря на 1 января 1501 г. можно было ожидать покрытия Сатурна Луной; по альманаху Штефлера это должно было произойти днем 31 декабря 1500 г.

После этого становится ясным смысл и III части записи:

«1500 девятого января почти во втором часу ночи было ♂ (соединение) Луны и Сатурна на 15°42′ Тельца. В Болонье это было так *☽. Четвертого марта почти в первом часу ночи было соединение Луны и Сатурна на 18°28′ Тельца. Тогда Луна наблюдалась на высоте 35° и выше ее была видна звезда, находящаяся в устах Овна на 21 градусе. В Болонье это было *☽.

IV часть записи переводится так:

«Марс превышает вычисленное положение более чем на 2 (или 11) градуса. Сатурн превышается вычислением на $1^1/_2$ градуса».

Васютиньский (Коперник, стр. 241) полагает, что эта запись может относиться к наблюдениям Марса и Сатурна в 1512 и 1514 гг.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ОТ ПЕРЕВОДЧИКА

Перевод De Revolutionibus сделан с торнского издания М. Куртце 1873 г. и проверен по изданному Фр. Кубахом в 1944 г. факсимиле манускрипта Коперника. Торнское издание вызывало много нареканий, однако при сверке оказалось, что большая часть ошибок содержалась уже в самом манускрипте; поэтому для установления текста пришлось все основные расчеты Коперника пересчитать. Результаты вычислений даны в примечаниях; в самом тексте, как правило, помещены цифры печатных изданий, кроме, разумеется, очевидных опечаток. Таблицы взяты из издания Куртце без перевычислений; там, где имелись расхождения с манускриптом, помещены оба текста.

Из торнского издания взят для перевода также текст Narratio prima Ретика, кроме «Похвалы Пруссии»; текст «Похвалы», а также Commentariolus и письма к Ваповскому взяты из книги Л. Прове (Nicolaus Copernicus, II, Berlin, 1884) и проверены по переводу Розена (Three Copernican Treatises. New York, 1939). Из книги Прове взят также текст «Упсальских записей» и проверен по книге польского ученого Л. А. Биркенмайера (Mikolaj Kopernik, Krakov, 1900).

Для составления комментариев к De Revolutionibus пришлось перевести с греческого текст Megale Syntaxis Птолемея; в моем распоряжении находилось французское издание аббата Альма (Halma) с примечаниями Деламбра (Paris, 1813—1816). Кроме того, были использованы работы польских ученых — Mikolaj Kopernik и Stromata Copernicana (1924), Биркенмайера, а также биографии Коперника, составленные Биркенмайером (Краков, 1923) и Васютиньским (Варшава, 1938).

Основной принцип перевода был — держаться возможно ближе к подлиннику, если это не мешает пониманию текста читателем. Так, например, Коперник совершенно не пользовался арабскими терминами «Зенит», «Альдебаран», вместо которых пришлось писать «полюс горизонта», «Палилиций»; он не употреблял существовавших уже в его время терминов «эклиптика» (Ретик его знает) и «экватор», вместо которых у него стоят «средняя линия зодиака» и «равноденственный круг» для обозначения небесного экватора. Я сохранил эту особенность, однако для обозначения земного экватора (в первой книге) использовал обычный термин. Равным образом я писал «радиус» вместо Коперниковой «прямой из центра» (quae ex centro — точный перевод греческого ἐκ τοῦ κέντρου) и «колебание» вместо «либрации». Следует также отметить, что для обозначения часа

среднего времени Коперник пользуется терминами aequinoctialis» (равноденственный), а также aequalis (равновеликий). Первый термин употребляется при записи наблюдений, взятых из книги Птолемея, второй — для собственных наблюдений Коперника. Имена арабских астрономов даны в транскрипции Коперника; Тебит бен Хор, Арзахель, Альбатегний вместо правильных Сабит (Thabit) ибн Курра, аз-Заркали, аль-Баттани.

Особо следует упомянуть об обозначении чисел у Коперника. Последний пользовался и арабскими цифрами (главным образом в вычислениях, а также таблицах), и римскими; во избежание недоразумений в переводе употребляются только арабские. Кроме того, Коперник производил вычисления в астрономических (вавилонских) шестидесятеричных дробях, но не пользовался однообразной записью; так, число

$$\frac{11}{60}+\frac{21}{60^2}+\frac{3}{60^3}$$

он записывал в виде:

а) 11 минут 21 секунда 3 терции; б) $11', 21'', 3'''$; в) 11, 21, 3. В переводе эти особенности сохранены по возможности с некоторыми исключениями:

а) этот способ оставлен только для деления часа и градуса; при делении дня или года вместо минут и секунд написано: первые и вторые шестидесятые доли;

б) обозначение со штрихами вверху сохранено только для минут, секунд и терций; для облегчения набора выражения вроде 5^{IV} 6^{V} и т. д. избегались:

в) в таких обозначениях целая часть, согласно О. Нейгебауэру, отделялась точкой с запятой. Равным образом пришлось ввести термин шестидесятка для обозначения шестидесяти (sexagena). Таким образом, число

$$365\ \frac{5}{60}\frac{11}{60^2}$$

записывается так: 6, 5; 5, 11.

В переводе употребляются два вида скобок: в квадратных [ ] стоят слова, первоначально входившие в текст, но затем исключенные Коперником; в угловых скобках ⟨ ⟩ помещены слова, добавленные мною для лучшего понимания текста.

В заключение я должен выразить благодарность члену-корр. АН СССР директору Пулковской обсерватории А. А. Михайлову, взявшему на себя общую редакцию текста и комментариев, а также биографию Коперника, профессору Б. В. Кукаркину, предоставившему в мое распоряжение книги Биркенмайера, и, наконец, профессору Ф. А. Петровскому, проверившему перевод De Revolutionibus и первой части Narratio Prima, а также любезно разрешившему использовать сделанный им перевод первых десяти глав первой книги.

И. Н. Веселовский

А. А. МИХАЙЛОВ

НИКОЛАЙ КОПЕРНИК
БИОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Коперник жил в эпоху позднего Возрождения, эпоху, полную больших событий во всех областях жизни, когда переоценивались ценности, установленные многовековыми традициями, и когда застой средних веков сменился бурным развитием естествознания, техники и искусства. В этой переоценке Коперник сыграл крупнейшую роль: с него берет начало современное представление о мироздании и месте человека во Вселенной.

Сохранилось мало документальных данных о его жизни и деятельности. Многие важные документы, относящиеся к нему самому и к его ближайшим родственникам, погибли в результате войн или исчезли от рук любопытных. Первая обстоятельная и в основном правильная биография Коперника была написана спустя сто лет после его смерти французским философом и математиком Гассенди. Впоследствии многие биографы пытались, не всегда удачно, дополнить или уточнить сведения о жизни Коперника, но только во второй половине XIX в. Леопольд Прове, учитель гимназии родного городка Коперника — Торуни, написал полную биографию на основании всех документальных данных, которые ему удалось собрать и изучить в результате 30-летней кропотливой работы. Очень много сделали в недавнее время польские ученые, в частности автор ряда исследований о Копернике Л. А. Биркенмайер, а также И. Васютиньский, написавший новейшую биографию Коперника (Варшава, 1938).

Отец Коперника, также по имени Николай, был уроженец старинного польского города Кракова — столицы Польши того времени, где он был видным купцом. Имея большие торговые связи с землями, расположенными ниже по течению Вислы, он, вероятно в интересах торговли, переехал около 1462 г. в другой торговый город на Висле — Торунь (Thorn).

Нужно сказать, что многие города и местечки, находящиеся в северных областях нынешней Польши, имели два названия: одно — польское, которое мы и употребляем в настоящем очерке, другое — немецкое, которое приводится в скобках при первом упоминании. Эти области, заселенные первоначально близкими к литовцам пруссами, были в XIII в. захвачены крестоносцами — рыцарями Тевтонского ордена, которые, насаждая огнем и мечом христианство, образовали здесь особое государство под на-

чалом великого магистра или гроссмейстера ордена. В первой половине XV в. городское и сельское население Пруссии (в особенности в западных ее частях) отложилось от ордена и отдалось под защиту польского короля. После 13-летней войны 1454—1466 гг., окончившийся Торуньским миром, западная часть Пруссии вошла в состав Польского королевства, а восточная осталась под властью ордена, великий магистр которого стал вассалом польского короля. В числе отошедших к Польше земель находилось Вармийское (Эрмеландское) епископство, управляемое епископом. Оно и раньше пользовалось некоторой самостоятельностью, а после Торуньского мира стало независимым.

В Торуни отец Коперника принадлежал к городской знати и в течение 19 лет занимал должность шеппена — выборного судьи. Здесь он женился на Варваре Ваченроде (или Ватцельроде), дочери председателя суда, состоятельного купца. Брат ее Лука (по польски Лукаш, 1447—1512) учился в Краковском университете, а затем получил в Болонье степень доктора канонического права и в 1489 г. был посвящен в сан епископа Вармийской епархии. В жизни Коперника этот его дядя сыграл важную роль.

Коперник родился в Торуни 19 февраля 1473 г. и был младшим из четырех детей. Старший брат его вместе с ним учился в Кракове и в Италии, по возвращении на родину был принят в собор Вармийского капитула, но вскоре заболел какой-то кожной болезнью, возможно проказой, от которой умер в 1519 г. Старшая сестра Варвара постриглась в монахини, вторая — Катерина вышла замуж за купца в Кракове.

Отец Коперника умер в 1483 г., когда Копернику было 10 лет. Его воспитанием занялся дядя — будущий епископ. Начальное образование Коперник получил в торуньской школе, а затем епископ Лука перевел своих племянников в кафедральную школу во Влоцлавске, которая находилась в тесной связи с Краковским университетом и давала подготовку к вступлению в последний. На 19-м году Коперник поступил в Краковский университет, основанный в 1364 г. и славившийся во всей Европе. К этому времени туда проникли из Италии идеи гуманизма, преподавание в нем вели выдающиеся профессора, и ежегодно принималось около 300 студентов разных национальностей. В первый зимний семестр 1491/92 г. своего обучения Коперник числился на артистическом факультете, на котором читались книги Аристотеля, латинские писатели, математики, астрономия с астрологией, физика и теория музыки. Греческий язык не изучался. Астрономии, нужной для мореплавания, исчисления календаря и установления церковных праздников, уделялось много внимания. Изучалась планетная теория Птолемея, Альфонсинские таблицы, а также новые планетные таблицы Региомонтана, теория затмений и составление ежегодников-альманахов. Преподавание астрономии вел профессор Войцех (Альберт) Блар из Брудзево, именовавшийся поэтому Брудзевским (1445—1497), но ко времени поступления Коперни-

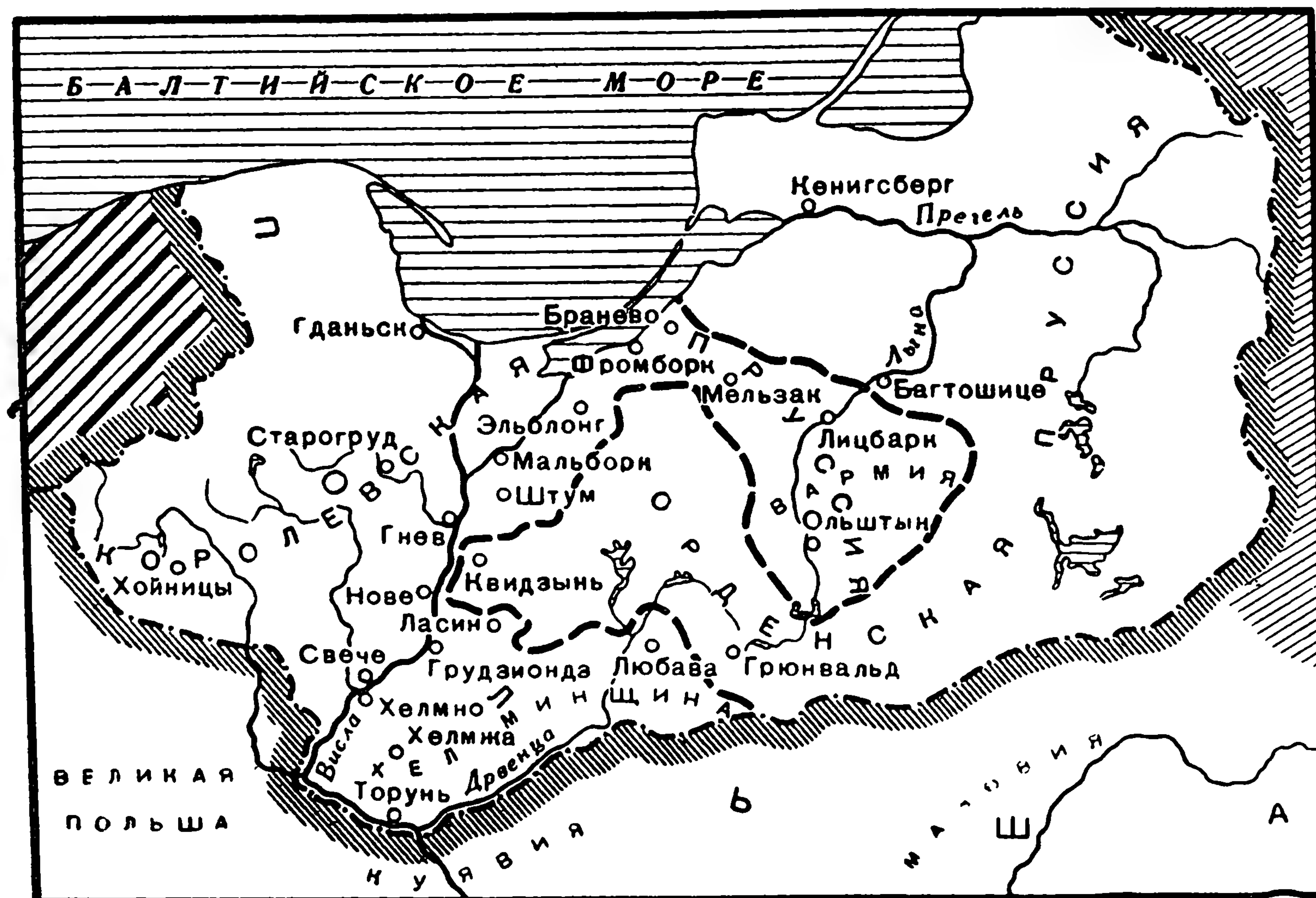


Николай Коперник

Портрет конца XVI или начала XVII века

ка в университет он уже прекратил чтение лекций, передав его своим ученикам-доцентам и оставив за собой лишь чтение Аристотеля и беседы со студентами наподобие нынешних консультаций.

В университете было хорошее собрание астрономических инструментов — астролябий, глобусов и армиллярных сфер, и Коперник основательно изучил практическую астрономию и искусство наблюдений. Нормально обучение в университете продолжалось четыре года, но Коперник пробыл лишь три года, не стремясь получить академическую степень.



Пруссия времен Коперника

Студенческие волнения на почве антагонизма между гуманизмом и схоластикой привели к упадку преподавания в последние годы XV в.; быть может, из-за этого Коперник уехал из Кракова, не окончив университета.

Вармийская епархия обладала обширными землями и приносила большой доход. Это была полусветская-полуцерковная самостоятельная организация, на правах отдельного княжества. Во главе был епископ,



Торунь во времена Коперника

при котором состоял соборный капитул из 16 каноников и 5 прелатов. Епископ, резиденция которого находилась в городке Лидзбарке (Heilsberg), назначал должностных лиц, устанавливал подати и налоги, творил суд. Полагалось, чтобы каждый каноник, который мог и не быть священнослужителем, имел ученую степень, в противном случае ему предоставлялся отпуск до трех лет с сохранением содержания для прохождения университетского курса и получения диплома.

Епископ Лука, дядя Коперника, вызвал в 1495 г. племянника из Кракова в Торунь с целью избрания его на освободившуюся должность каноника для обеспечения его будущности. Однако вопреки желанию дяди Коперник не был избран; возможно, что некоторую роль сыграло при этом отсутствие у него ученой степени.



Лука Ваченроде, дядя Коперника

Летом 1496 г. Коперник поехал в Италию и поступил на зимний семестр 1496/97 г. в знаменитый Болонский университет, возникновение которого относится к XI в. В августе 1497 г. вновь освободилась вакансия каноника Вармийской епархии, и на этот раз Коперник был избран или назначен на эту должность заочно.

Во время почти 10-летнего пребывания Коперника в Италии там происходили большие события. На папском престоле сидел один из величайших извергов всех времен и народов — Александр VI Борджа. С большой пышностью в Риме праздновался 1500-й юбилейный год. Французский король Карл VIII шел походом на Неаполь. Савонарола держал свои пламенные проповеди, за что весной 1497 г. был отлучен от церкви и



Епископский замок в Лидзбарке

через год казнен. Среди просвещенной части общества происходили диспуты о преимуществах учения Платона перед Аристотелем. Развивалась торговля, росли богатства в связи с расширением мореплавания и открытием новых земель и даже целого континента. Необыкновенного расцвета достигло искусство: это было время деятельности Леонардо и Браманте, Рафаэля и Микельанджело, Перуджино и Джорджоне. Италия была той страной, где можно было полнее и быстрее всего приобщиться к вершинам науки и культуры того времени, но и легче всего свернуть с пути добродетели в сторону порока. Коперник в полной мере достиг первого и благополучно избежал последнего.

В Болонье Коперник изучал юридические науки, но занимался также астрономией под руководством Доменико Новара (1454—1504), с которым он 9 марта 1497 г. наблюдал покрытие Луной Альдебарана, впоследствии использованное им для определения параллакса Луны. В Болонском университете было хорошо поставлено и преподавание математики: про-



Вид Фромборка с запада

фессор Сципио даль Ферро впервые дал решение кубического уравнения. Здесь Коперник изучил греческий язык.

После годичного пребывания в Риме, где он читал лекции по математике, Коперник поехал в середине 1501 г. в близкий к резиденции епископа городок Фромборк (Frauenburg), где находился соборный капитул, чтобы испросить дальнейший отпуск для продолжения в Италии занятий по медицине и получения степени доктора канонического права, что и было разрешено ему вместе с его братом Андреем на заседании капитула 27 июля 1501 г. В октябре того же года Коперник вернулся в Италию, на этот раз в Падуанский университет, основанный в XIII в. Однако ученую степень он получил не в Падуе, а в Ферраре, где это было связано с меньшими расходами. Здесь 31 мая 1503 г. во дворце архиепископа ему был торжественно вручен докторский диплом. К осени Коперник вернулся в Падую, чтобы закончить занятия медициной, которая изучалась по трудам Авиценны, Галена и Гиппократа. Точная дата возвращения Коперника на родину неизвестна, вероятно, это было в конце 1505 г. Проведя около года во Фромборке, он затем переехал в Лидзбарк к дяде-епископу, который нуждался в медицинской помощи. Здесь он пробыл шесть лет,

во время которых, по-видимому, у него созрела мысль о гелиоцентрической системе мира.

Занимаясь врачебной деятельностью, Коперник в то же время помогал дяде в управлении епархией, что было не простым делом. Хотя по Торуньскому миру Вармия стала независимой от Тевтонского ордена, однако положение было сложным, часто возникали споры и распри, доходившие до вооруженных столкновений между орденом и епископом, Пруссией и Польшей. Епископ стремился укрепить свою власть, чему противодействовал орден. В Лидзбарк часто приезжали для переговоров представители прусских городов, Тевтонского ордена и польского короля. Коперник участвовал в этих переговорах и приобрел опыт в дипломатии и государственных делах. Он сопровождал дядю в его поездках на разные совещания, в том числе в Краков, где жила его замужняя сестра. В январе 1507 г. он вместе с дядей присутствовал на коронации польского короля Сигизмунда I. Будучи в Кракове во время рейхстага в марте 1509 г., Коперник передал в типографию для печати свой перевод на латинский язык с греческого «Нравственных, сельских и любовных писем» Феофилакта Симокатты, византийского писателя VII в., которые он читал, вероятно, при изучении греческого языка. Он сопровождал дядю в Краков также в феврале 1512 г. на празднества по случаю свадьбы короля и коронации королевы. На обратном пути епископ умер в Торуни. Избранный капитулом новый епископ Фабиан не был утвержден королем и папой. Для переговоров по этому делу в рейхстаг была послана делегация из двух каноников, одним из которых был Коперник. Однако достигнуть согласия не удалось. Лишь через год после апелляции к папе Фабиан был утвержден в сане епископа.

После смерти дяди Коперник переехал во Фромборк. Построенный там в XIV в. собор с расположенным вокруг селением был обнесен в XV в. крепостной стеной. В северо-западной башне этой стены поселился Коперник; отсюда было удобно производить астрономические наблюдения. Деятельность Коперника во Фромборке была весьма разнообразной. В первые годы у него было достаточно досуга, чтобы продумать и доработать детали гелиоцентрической системы мира. Здесь он собственноручно сделал из соснового дерева трикветр — простейший инструмент для измерения высоты светил, состоящий из трех линеек на шарнирах с делениями.

В 1514 г. папа Лев X поставил вопрос о реформе календаря в связи с тем, что правила для установления даты праздника пасхи, сформулированные в 325 г. никейским вселенским собором, оказались противоречивыми и невыполнимыми в полной мере, так как они были основаны на средней продолжительности года в 365,25 суток и на метоновом цикле в 19 лет для определения фаз Луны, который давал ошибку в 1 $^1/_2$ часа за один 19-летний цикл. Если в IV в. весеннее равноденствие падало на 21 марта, то в XVI в. эта дата из-за слишком большой средней продолжи-



Башня, в которой Коперник жил во Фромборке

тельности календарного года по сравнению с годом тропическим передвинулась на 12 марта. В счислимых фазах Луны также оказались ошибки в несколько дней. По этому вопросу были запрошены мнения западноевропейских государей, а также и университетов, в частности Краковского. Коперник не был официально приглашен на собор, но состоял в переписке с председателем комиссии по реформе календаря Павлом Миддельбургским, который упоминает о нем, как о приславшем свое мнение и проект реформы. Деятельность собора не дала в этом отношении никаких результатов, так как, по словам Коперника (в письме к папе Павлу III во введении к De Revolutionibus), во избежание новой путаницы необходимо было знать с большей точностью движения Солнца и Луны, а также продолжительности тропического года и синодического месяца; поэтому немедленное проведение реформы календаря он считал преждевременным. В связи с этим Коперник с 1515 г. начал более систематически и тщательно проводить астрономические наблюдения.

Коперник пробыл во Фромборке с весны 1512 по осень 1516 г. На заседании капитула 3 ноября 1516 г. он был избран управляющим южной частью Вармии. Очевидно, что такое избрание свидетельствует о том, что он проявил себя как опытный администратор и справедливый судья. В связи с этим избранием Коперник переехал в Ольштын (Allenstein). Управление налагало на него много обязанностей, для выполнения которых ему пришлось часто разъезжать по подведомственным землям. Трудности управления усу-

гублялись тем, что отношения между епископством и орденом были крайне напряженными. В 1517 г. была запрещена обоюдная торговля, участились случаи вооруженного нападения со стороны ордена. Дело дошло до осады городка Пенецно (Mehlsack), во время которой были сожжены его пригороды. Магистр пытался заручиться поддержкой со стороны курфюрста Бранденбургского, а епископство получило помощь от польского короля Сигизмунда. 21 октября 1518 г. Коперник направил капитулу тревожное письмо. Начало вооруженного столкновения задержалось в связи со смертью императора Максимилиана, обещавшего помощь ордену, а также из-за нападения на Польшу татар. Однако в конце 1519 г. Сигизмунд с войском вошел в Торунь, и вскоре гроссмейстер открыл военные действия. Начались взаимные набеги, приведшие к большим опустошениям.

По плану Коперника и под его руководством был укреплен осажденный Ольштын. Копернику пришлось руководить обороной. Орденские войска сожгли семь соседних деревень, но на штурм не решились. Обе стороны были истощены войной, и по предложению короля в Торуни начались переговоры о мире. Весной 1521 г. Коперник был занят наведением порядка и восстановлением разрушенных хозяйств. Несмотря на такие трудные обстоятельства, он нашел время составить обстоятельную записку об улучшении монетной системы, датированную 1519 г., которую он впоследствии дополнил и в 1522 г. представил прусскому ландстагу.

В начале 1521 г. Коперник сдал должность своему другу Тидеманну Гизе и возвратился во Фромборк. Здесь он составил жалобу на захват земель и опустошения, причиненные орденом, которая была направлена собранию прусских городов в Грудзендзе (Graudenz). Часть земель была возвращена, но дальнейшее рассмотрение жалобы было перенесено на собрание в следующем году. В этом собрании участвовал сам Коперник, представивший также свой проект реформы монетной системы, основные положения которой состояли в том, что монета должна быть полноценной и единой для всей страны, должна чеканиться в одном месте и возобновляться через каждые 25 лет. Эти требования были им выставлены для того, чтобы прекратить неудовлетворительное состояние, когда многие города чеканили свою монету с разным содержанием серебра, порождая этим спекуляцию, затрудняя торговлю и создавая путаницу в расчетах. Предложения Коперника не были приняты, так как три города и гроссмейстер, чеканившие монету, не согласились отказаться от этой привилегии.

Епископ Фабиан умер в январе 1523 г. Положение в Вармии осложнилось, усилились распри и стремления одних к польскому королю, других — к гроссмейстеру. В связи с этим капитул избрал Коперника генеральным администратором епископства до утверждения папой нового епископа, что последовало в сентябре 1523 г. Новый епископ Фербер был большим противником реформации, сочувствие к которой усиливалось среди на-



Замок в Ольштыне

селения, в связи с чем он издал даже эдикт, запрещавший распространение лютеранской ереси.

В 1525 г. Тевтонский орден перестал существовать как духовное учреждение, и его гроссмейстер Альбрехт получил от короля орденские земли в качестве светского герцогства. Это внесло некоторое улучшение во взаимоотношения с епископством, поскольку внимание нового герцога было отвлечено реорганизацией бывшего ордена. Однако возникли разногласия религиозного характера, так как герцог покровительствовал лютеранству.

В начале 1526 г. король решил упразднить старую прусскую монету, лишив города и герцога права чеканить свою монету. В связи с этим Коперник переработал и расширил свою записку о монетном деле, отметив, что монету необходимо легировать медью, чтобы уменьшить ее износ и не дать возможности ювелирам ее переплавлять. Полноценность монеты важна для внешней торговли, право чеканить монету должно быть предоставлено лишь королю и герцогу, причем вся монета должна быть унифицирована по весу и пробе. Стоимость серебра к золоту следует установить как 1 к 12.

Эти предложения Коперник представил совету, состоявшемуся в марте 1528 г. в Эльблонге (Elbing). Из-за противодействия герцога к

соглашению не пришли и вопрос был отложен до следующего совета, собравшегося в Мальборке (Marienburg). На этот раз договорились о том, что монета будет чеканиться лишь в Торуни. Однако новой монеты было выпущено недостаточно и продолжала курсировать старая, что не позволило навести порядок в финансах страны. Многочисленные обсуждения с участием Коперника не привели к полному соглашению, и вопрос так и остался нерешенным. В промежутках между совещаниями Коперник ездил по епархии для ревизии управления на местах. Он участвовал также в установлении твердых цен на хлеб, что было особенно важно ввиду колебаний курса денег для беднейших слоев населения.

В 1522 г. нюрнбергский священник Иоган Вернер издал сочинение «О движении восьмой сферы», которая в теории Птолемея была нужна для объяснения явления прецессии. В ней автор пытался доказать, что прецессионное движение неравномерно: в древности от Евдокса до Птолемея оно якобы было медленнее, чем от Птолемея до времени Альфонсинских таблиц (1252 г.), а затем оно опять замедлилось. Коперник в памфлете, написанном в форме письма приславшему ему это сочинение настоятелю Краковского собора Ваповскому, показал ошибочность этого заключения. В письме имеются слова, весьма созвучные нашей современности: «Большая разница, если кто-либо нападает оскорбительным образом или если ошибающегося, хотя и острыми словами, возвращают на верный путь».

В последующие годы Коперник направлялся в качестве нунция капитула в Ольштын (в 1531 и 1538 гг.), а в декабре 1535 г. он был послан туда визитатором, т. е. ревизором.

Конец жизни Коперника омрачился неприятным инцидентом. В 1537 г. после смерти Фербера из четырех кандидатов, в числе которых был и Коперник, был избран новый епископ — Дантиск. До избрания он был другом Коперника, однако, став епископом, он резко изменился, стал строгим и нетерпимым, начал преследовать лютеранскую «ересь», хотя раньше бывал у Лютера и находился с ним в хороших отношениях. С одним из каноников по имени Скультети, который отличался образованностью, Коперник имел тесную дружескую и научную связь. Попав в немилость к епископу, Скультети был удален из капитула, и каноникам было запрещено с ним общаться, чему Коперник не хотел подчиниться. У Коперника жила родственница Анна Шиллинг, которая вела его хозяйство. Дантиск настоял на том, чтобы Коперник ее удалил. Позже, в результате доноса, епископ упрекал Коперника в том, что он будто бы виделся с Анной. Даже после смерти Коперника, когда Анна приехала для продажи его вещей, ей был запрещен въезд во Фромборк.

Из предыдущего видно, как обширна и разнообразна была деятельность Коперника. Занимаясь напряженной административной работой, он не отказывал и в медицинской помощи и слыл искусным врачом. Особенно боготворили его бедняки, которых он лечил безвозмездно. Часть

медицинских и математических книг из библиотеки Коперника с его пометками на полях сохранилась и находится в университете в Упсале, куда ее вывез шведский король Густав-Адольф, захвативший Восточную Пруссию во время 30-летней войны. Имеются сведения и об инженерной деятельности Коперника. Он занимался не только фортификационными работами, о которых было упомянуто выше. По его проекту был улучшен водопровод во Фромборке из р. Бауды, для чего были сооружены плотина, образовавшая водохранилище, и гидравлический ковшевой механизм для подъема воды в резервуар на соборном холме, откуда вода разводилась по трубам в дома города.

Меньше всего известен тот путь, который привел Коперника к созданию и изложению астрономической системы, обессмертившей его имя. При жизни Коперника о гелиоцентрической системе мира было известно сравнительно мало. Главным источником сведений была рукопись с кратким изложением основных положений, распространенная под названием Commentariolus в нескольких экземплярах, с которых в настоящее время известно два списка. Вероятно, на основании этой рукописи секретарь папы Климента VII востоковед Видманштедт сделал в 1533 г. доклад о теории Коперника папе и нескольким кардиналам. В ноябре 1536 г. кардинал Шонберг обратился из Рима к Копернику с просьбой прислать более подробное изложение новой теории мира с астрономическими таблицами для вычислений положений планет. Это письмо Шонберга Коперник впоследствии напечатал в предисловии к своей книге. Однако он долгое время не решался сдать в печать рукопись с полным изложением своей теории, которая, по-видимому, в основном была закончена еще в 1530 г., намереваясь поступить подобно пифагорейцам, передававшим ученикам свое учение устно. Такой ученик вскоре нашелся — то был Георг Иоахим Ретик, молодой профессор математики из гнезда реформации Виттенберга.

Ретик родился 16 февраля 1514 г. в Тироле, древней римской провинции Ретии, откуда, согласно традициям того времени, произошло его имя. Он учился в Цюрихе и некоторое время занимался у профессора математики Шонера в Нюрнберге, заняв затем кафедру математики в Виттенбергском университете, где он был принужден излагать систему Птолемея.

Узнав об учении Коперника, Ретик решил познакомиться с ним ближе и для этой цели приехал в марте 1539 г. во Фромборк, где был сердечно принят Коперником, у которого он прожил более двух лет. Уже осенью 1539 г. Ретик послал в Нюрнберг своему учителю Шонеру подробное изложение системы Коперника с восторженным отзывом. Это изложение под названием Narratio Prima de libris revolutionum — первый рассказ о книгах обращений (планет) — было напечатано в Гданьске (Danzig) зимой 1539/40 гг. и является почти единственным источником сведений

о том, как Коперник создавал гелиоцентрическую систему мира. Благодаря Ретику трактат Коперника по тригонометрии с таблицами из 13- й и 14-й глав первой книги De Revolutionibus был отдельно издан в 1542 г. в Виттенберге.

Ретик много способствовал тому, что весть о новой, гелиоцентрической системе мира получила еще при жизни Коперника некоторое распространение. Однако при отсутствии подробного изложения, без убедительных доводов и аргументации учение Коперника лишь у очень немногих нашло положительное отношение и правильную оценку. Основным препятствием было то, что оно полностью противоречило механике Аристотеля: нельзя было решить, является ли движение Земли естественным или насильственным движением. Не удивительно поэтому, что даже такие просвещенные и выдающиеся люди своего времени, как Тихо Браге, много позже Коперника отвергали систему Коперника: для ее признания необходимо было создать новую механику, что и было сделано Галилеем. К тому же слишком сильны были еще средневековые устои, согласно которым ответ на все вопросы как жизни, так и естествознания нужно было искать в священном писании, что, конечно, поддерживалось всесильной в то время церковью. Не даром Лютер сказал про Коперника: Der Narr will die ganze Kunst Astronomia umkehren (Дурак хочет перевернуть все искусство астрономии), — сославшись на библию, в которой говорится о движении Солнца, но не Земли. Меланхтон приводит три «доказательства» против движения Земли: свидетельство чувств, тысячелетнее мнение ученых и авторитет библии, считая, что Коперник придумал свою теорию из желания быть оригинальным. В то время были распространены на масленицу сатирические шествия и представления. На масленицу 1531 г. в Эльблонге было инсценировано маскарадно-шутовское шествие против Коперника и его учения. Возможно, что подобные оскорбительные выступления подстрекались сверху — теми городскими властями, которые неприязненно относились к Копернику из-за его предложения лишить города права чеканить свою монету.

Что касается полного изложения гелиоцентрической системы, то, хотя оно было закончено еще к 1530 г., Коперник не собирался его печатать, предвидя, что его учение встретит резкие возражения, не будет правильно понято и, возможно, подвергнется обвинению в ереси. Но его уговорили друзья, в особенности кардинал Шонберг, епископ Кульмский Тидеманн Гизе, бывший раньше вместе с Коперником каноником во Фромборке, и Ретик. Коперник, наконец, согласился на издание рукописи, включив в нее посвящение папе Павлу III. Он передал рукопись Гизе с разрешением опубликовать ее по его усмотрению. Гизе переслал рукопись Ретику в Виттенберг. Неизвестно кем (вероятно, самим Ретиком) и когда с оригинальной рукописи Коперника была снята копия с небольшими отступлениями от оригинала.

Ретик, получив рукопись (или ее копию), поспешил с ее изданием, избрав для этого Нюрнберг, где была самая большая в Германии типография; в Нюрнберге незадолго до этого жил и работал выдающийся астроном и математик Региомонтан (1436—1470), создавший там математическую школу. Сам Ретик был хорошо знаком с издателем и типографом Петреем. Весной 1542 г. Ретик специально приехал в Нюрнберг и следил за печатанием книги. Однако он не дождался окончания печатания и уехал, поручив довести дело до конца местному математику и лютеранскому богослову А. Осиандеру (1498—1552). В письме от 1 июля 1542 г. Коперник спросил Осиандера, не противоречит ли учение о движении Земли Аристотелю и церковным догмам. Осиандер ответил, что астрономические гипотезы должны служить только для облегчения астрономических вычислений, и посоветовал сказать об этом в предисловии. Коперник решительно отверг это предложение. Такое расхождение во взглядах не помешало Ретику поручить Осиандеру окончание издания рукописи, чем последний воспользовался, чтобы включить свое, анонимное предисловие, составленное в духе Меланхтона с подчеркиванием своей мысли о гипотетичности всего учения, которое якобы совсем не имеет в виду изложить истинное строение мироздания, а является лишь вспомогательным средством при вычислении движения планет. На подложность этого предисловия указал еще Кеплер.

После выхода весной 1543 г. книги Гизе писал 26 июля 1543 г. по этому поводу Ретику: «В самом начале я увидел злоупотребление доверием. ... Как не возмущаться столь большим святотатством под защитой доверия». Дальше он пишет о необходимости изъять предисловие Осиандера и перепечатать первые страницы книги, что, однако, не было сделано.

Из сохранившегося письма Гизе от 8 декабря 1542 г. следует, что в начале зимы Коперник тяжело заболел (у него произошло кровоизлияние и была парализована правая сторона). Гизе просит одного из каноников не оставлять Коперника, который в это время был одинок, так как большинство его ближайших друзей умерло. 24 мая 1543 г. Коперник скончался. Последние дни он был без сознания. В это время ему привезли экземпляр напечатанной книги, на который он посмотрел и коснулся рукой, не отдавая себе отчета и не зная о позорном поступке Осиандера, анонимное предисловие которого в корне противоречило духу и убеждению Коперника в том, что ему удалось вскрыть истинное строение планетной системы. Ретик разослал несколько экземпляров книги друзьям Коперника, что и вызвало упомянутое письмо Гизе.

Коперник был похоронен во Фромборкском соборе. Лишь в 1581 г. на стене собора против его могилы была установлена мемориальная доска. В 1746 г. эта доска была снята, чтобы уступить место для памятника какому-то безвестному епископу. Но другой памятник Копернику, воздвигнутый им самим, его De Revolutionibus, будет существовать во все времена,

пока будут жить мыслящие существа на Земле или их потомки в космосе.

В первом издании книги имеются ошибки, вероятно возникшие при переписке оригинальной рукописи, и опечатки, часть которых была позже указана в отдельном листке. Второе издание вышло в 1566 г. в Базеле; оно точно повторяет первое издание с его опечатками и содержит несколько новых. В него включено Narratio Prima. В 1617 г. в Амстердаме вышло третье издание, также без исправления ошибок первого издания. Варшавское издание 1854 г. содержит ряд приложений, в том числе и Narratio Prima. В 1873 г. в Торуни вышло юбилейное издание (в честь 400-летия со дня рождения Коперника), напечатанное с оригинальной рукописи, судьба которой довольно сложна. Наконец, в 1949 г. в Мюнхене вышло последнее издание, тоже по рукописи Коперника, с разночтениями всех предшествующих изданий. В 1944 г. там же издана факсимиле рукописи, которая содержит 212 листов размером 20 × 28 *см*, исписанных с двух сторон черными чернилами четким, почти каллиграфическим почерком.

Трудно определить время написания рукописи. В XXIII главе пятой книги используется наблюдение 12 марта 1529 г. Кардинал Шонберг в письме 1536 г. упоминает, что он уже за несколько лет до этого слышал о замечательных исследованиях Коперника. Поэтому можно отнести написание рукописи к промежутку между 1529 и 1532 гг. Однако в последующие годы Коперник продолжал работать над рукописью, внося в нее многочисленные изменения и исправления. Посвящение папе было закончено лишь в июне 1542 г. — за одиннадцать месяцев до смерти Коперника. Это посвящение, равно как и анонимное предисловие Осиандера, в сохранившейся рукописи отсутствует. Типографский набор, по-видимому, начался раньше с копии рукописи, в которую не попали последние изменения, внесенные Коперником в оригинальную рукопись, оставшуюся у Ретика.

Последний переехал затем в Лейпциг и Краков, наконец в Кашау в Венгрии, занимаясь вычислением больших тригонометрических таблиц. В 1573 г. к Ретику приехал ученик и помощник Валентин Ото (Otho), которому он перед смертью в 1576 г. передал рукопись. Ото затем был профессором в Виттенберге и умер в 1605 г. в Гейдельберге. Здесь в 1603 г. у него приобрел рукопись магистр Яков Кристманн (Christmann), использовавший ее при разработке теории движения Луны, опубликованной в 1609 г. В 1614 г. рукопись купил студент Гейдельбергского университета АмосНиванус, впоследствии знаменитый чешский педагог, известный под именем Коменского. Коменский был противником гелиоцентрической системы мира, но ценил рукопись Коперника как реликвию. Он дважды терял во время войн свое имущество и библиотеку (в 1622 г. при разграблении города Фульнек и в 1656 г. — города Лисса), но рукопись уцелела. Около 1642 г. ее приобрел граф Отто фон Ностиц, в каталоге

библиотеки которого значится рукопись Коперника (1667 г.). Еще дважды рукопись упоминается в описаниях библиотек, однако затем о ее существовании забыли. Лишь в 1840 г. при каталогизации библиотеки Ностица в Праге была обнаружена рукопись, о чем была напечатана заметка в газете. С этих пор рукопись использовалась при изданиях книги Коперника (начиная с варшавского издания 1854 г.).

В 1943 г. отмечалось 400-летие со дня смерти Коперника, а в 1948 г.— 475 лет со дня его рождения. В связи с этим во многих странах были изданы монографии и статьи, посвященные великому реформатору естествознания и мировоззрения, а сама рукопись была передана чехословацким правительством Польше на вечное хранение.

В настоящее время рукопись переплетена в картонный переплет с пергаментной оклейкой и хранится в резной деревянной шкатулке с серебряными украшениями в Краковской публичной библиотеке.

1 *ГЕОРГИЯ ИОАХИМА РЕТИКА*

О КНИГАХ ВРАЩЕНИЙ НИКОЛАЯ КОПЕРНИКА

Первое повествование к Иоанну Шонеру

2 *Алкиной*

Δεῖ δ'ἐλευθέριον εἶναι τῇ γνώμῃ τόν μέλλοντα φιλοσοφεῖν

(Намеревающемуся философствовать необходимо быть свободным в мыслях)

Славнейшего Мужа Доктора Иоанна Шонера,
почитаемого, как собственного отца,
Георгий Иоахим Ретик приветствует.

3 Накануне майских ид я написал тебе из Познани письмо, в котором уведомил тебя о предполагаемом мною отбытии в Пруссию и обещал тебе сообщить как можно раньше, если случившееся будет соответствовать слухам и моему ожиданию. Но хотя я мог уделить только десять недель на изучение астрономического сочинения самого господина доктора, к которому я приехал и вследствие моего нездоровья, а также поскольку я был самым вежливым образом призван почтеннейшим господином Тидеманном Гизием, Кульмским епископом, и мне вместе с господином моим
4 наставником пришлось поехать в Лебау и несколько недель отдохнуть от занятий, я все-таки во исполнение обещаний и удовлетворения твоих желаний расскажу тебе, насколько смогу коротко и ясно, о том, что думает господин наставник мой.

Прежде всего, ученейший господин Шонер, я хотел бы, чтобы ты считал этого мужа, трудами которого я пользуюсь, не меньшим Региомонтана во всех видах науки и по знанию астрономии. Я охотнее сравню его с Птолемеем, не потому, что я почитаю Региомонтана меньше Птолемея, но потому, что мой наставник имеет вместе с Птолемеем ту счастливую особенность, что он по божественному милосердию завершил предпринятое им исправление астрономии, тогда как Региомонтан (увы, жестокая судьба!) ушел из жизни раньше, чем воздвиг свои колонны.

Господин доктор, мой наставник, написал шесть книг, в которых он

охватил всю астрономию, по примеру Птолемея объясняя и доказывая отдельные вещи математическим и геометрическим методом.

Первая книга содержит общее описание мира и основные положения, опираясь на которые он принял на себя труд объяснить и удовлетворить наблюдениям для всех времен. К ним он добавил из учения о синусах и плоских и сферических треугольниках все то, что он считал необходимым для своего труда.

Вторая книга говорит о теории первого движения и о том, что он счел нужным рассказать в этом месте о неподвижных звездах.

Третья — о движении Солнца. Так как опыт научил его, что величина года, отсчитываемого от равноденствий, зависит и от движения неподвижных звезд, то в первой части этой книги он с правильным расчетом и с мастерством поистине божественным показывает, как нужно определять движения неподвижных звезд и перемещения точек равноденствий и солнцестояний.

Четвертая книга трактует о движениях Луны и затмениях.

Пятая — о движениях остальных планет.

Шестая — о широтах.

Три первые книги я изучил до конца, четвертой я понял общую идею, а из остальных я только охватил умом общие положения. Что касается двух первых, то я полагаю, что тебе о них ничего писать не нужно, и это отчасти по некоторым моим особым соображениям, а отчасти по той причине, что его учение о первом движении ни в чем не отходит от общепризнанных теорий, разве только, что все таблицы склонений, прямых восхождений, разностей восхождений и остального, принадлежащего к этой части науки, он перестроил целиком так, что при помощи соответствующих вычислений можно приспособить их к наблюдениям всех времен.

Итак, с божьей помощью я расскажу тебе пояснее все то, что он излагает в третьей книге вместе с гипотезами относительно всех остальных движений, насколько в настоящее время я могу постичь это слабым моим умом.

О движении неподвижных звезд

Господин доктор, наставник мой, с высшей тщательностью вел наблюдения в Болонье не столько как ученик, сколько как помощник и свидетель наблюдений ученейшего мужа Доменика Марии, а в Риме около 1500 года от рождества Христова приблизительно двадцати семи лет от рождения как профессор математики делал доклад в присутствии большого количества ученых и в торжественном окружении великих мужей и деятелей этой отрасли науки; наконец, здесь, в Вармии, в свободное от своих работ время он делал наблюдения с высшим тщанием и из наблюдений неподвижных звезд выбрал то, которое произвел над Спикой в созвездии

Девы в 1525 году от рождества Христова. Он установил, что ее расстояние от точки осеннего равноденствия составляло приблизительно 17 градусов и 21 минуту, так как ее склонение по меридиану было, по его наблюдениям, не менее 8 градусов 40 минут. Затем, сравнивая со своими наблюдения других авторов, он нашел, что уже завершился период возвращения аномалии или цикла неравномерностей и что в нашу эпоху мы уже находимся во втором периоде, считая от Тимохара; Этим он геометрически установил среднее движение неподвижных звезд и уравнения для неравномерного движения.

5 Так как Тимохарово наблюдение Спики в 36 году первого периода Калиппа, сопоставленное с наблюдением 48 года того же периода, показывает, что за это время звезда продвигалась на один градус в 72 года, а затем от Гиппарха до Менелая перемещалась за 100 лет всегда на один градус, то он у себя установил, что наблюдения Тимохара попадают в последний квадрант круга неравномерности, в котором среднее движение уменьшается, а в промежуточное время между Гиппархом и Менелаем изменение неравномерности было в месте наиболее медленного движения. Поскольку сравнение наблюдений Менелая и Птолемея показывает, что в это время звезды передвигались на один градус в 86 лет, то наблюдения Птолемея были сделаны, когда движение аномалии соответствовало первому квадранту и звезды двигались медленным прибавляющимся или увеличивающимся движением.

Далее, так как от Птолемея до Альбатегния одному градусу соответствует 66 лет, а сравнение наших наблюдений с Альбатегниевым показывает, что звезды в неравномерном движении снова прошли один градус за 70 лет, а также сравнение вышеупомянутого наблюдения с теми, которые он сделал в Италии, показывает, что неподвижные звезды за сто лет опять продвинулись на один градус, то становится яснее солнца, что за время от Птолемея до Альбатегния движение аномалии сначала прошло среднюю точку, а затем весь квадрант с увеличенным средним движением и в эпоху Альбатегния находилось в месте наибольшей скорости.

От Альбатегния же до нас был пройден третий квадрант неравномерного движения, причем звезды двигались скорым уменьшающимся движением, так что была пройдена вторая граница среднего движения и в наше время аномалия снова пришла в четвертый квадрант с уменьшающимся средним движением; таким образом, неравномерное движение снова приближается к пределу медленности.

Для приведения всего этого к точному расчету, чтобы согласие со всеми наблюдениями было в порядке, господин наставник установил, что неравномерное движение завершается в 1717 египетских лет, наибольшее уравнение составляет приблизительно 70 минут и среднее движение звезд — примерно 50 секунд в египетский год, а полное возвращение среднего движения происходит в 25 816 египетских лет.

Общие соображения относительно года, считаемого от равноденствия

Этот расчет движений для неподвижных звезд подтверждают также величины продолжительности года, установленные по равноденственным точкам, причем совершенно ясно, что от Гиппарха до Птолемея выпал 6
целый день без одной двадцатой, от последнего до Альбатегния — почти 7 дней, а от Альбатегния до его собственных наблюдений, произведенных в 1515 году от рождества Христова, — почти 5 дней, и это совсем не от погрешностей в инструментах, как думали до сих пор, но следует совершенно определенному и везде с собой согласному закону. Поэтому никоим образом не должно определять среднее движение по равноденствиям, а только по неподвижным звездам, как при удивительном согласии всех времен свидетельствуют наблюдения движений Луны и Солнца, а также и остальных планет.

Так как от Тимохара до Птолемея звезды перемещались самым медленным движением, то, как установлено, год только на 1/300 часть дня был меньше 365 дней с четвертью, от Птолемея до Альбатегния в быстром движении недоставало 1/105 дня, а в наше время, если сравнить на- 7
блюдения с Альбатегниевым, то обнаружится недостаток в 1/128 часть дня. Следовательно, медленному движению соответствует бóльшая величина дня, считаемого от равноденствий, а быстрому — меньшая, уменьшению скорости соответствует увеличение года, так что если точно исследовать величину года от равноденствий в нашу эпоху, то она опять окажется почти согласной с Птолемеевой. Поэтому должно полагать, что равноденственные точки движутся против последовательности знаков, как узлы у Луны, а не звезды перемещаются в направлении последовательности.

Таким образом, нужно вообразить некоторую среднюю равноденственную точку, которая движется равномерно от первой звезды Овна на звездной сфере, оставляя за собой неподвижные звезды, а истинная равноденственная точка неравномерным движением правильно отступает то в ту, то в другую сторону от этого среднего равноденствия, причем полудиаметр соответствующего отклонения немного превышает 70 минут; таким образом, в каждую эпоху существовала и может быть установлена и в настоящее время определенная величина года, считаемого от равноденствий, не говоря уже о том, что этот расчет точнейшим образом и как бы до мельчайших частей соответствует наблюдениям всех искусных ученых над неподвижными звездами. Чтобы дать тебе, ученейший Шонер, некоторое представление об этом деле, я вычислил истинные предварения равноденствий для некоторых времен наблюдений.

Если величину прецессии для эпохи Птолемея вычесть из положений звезд, приведенных у Птолемея, то остаток покажет, на сколько они отстоят от первой звезды Овна; затем после прибавления прецессии эпохи

Египетский год	Истинное предварение		Эпоха
	Град.	Мин.	
До рождества Христова 293	2	34	Тимохара
124	4	3	Гиппарха
После рождества Христова 138	6	10	Птолемея
» » » 880	18	10	Альбатегния
» » » 1076	19	37	Арзахеля
» » » 1525	27	21	Наша

Альбатегния получается истинное наблюденное положение. Точно так же это делается и для остальных. Однако лучше всего и точнейшим образом это будет соответствовать наблюдениям опытных ученых, если указываются также и минуты, определяются ли они по установленным склонениям или из приведенного к наибольшей точности движения Луны, как показывает сравнение наших наблюдений с древними. Действительно, если отбросить сколько-нибудь минут, то очевидно, могут сейчас же отпасть $1/2$, или $1/3$ или $1/4$, и т. д. градуса. Однако это не подходит к движениям планетных апсид, поскольку последним следует приписать особое движение, как будет ясно из теории Солнца.

Кроме того, установив, что равномерность движения следует определять по неподвижным звездам, он тщательно исследовал величину звездного года, которую нашел равной приблизительно 365 дням 15 шестидесятым 24 вторым шестидесятым, причем такой она была всегда, как ясно из наблюдений, произведенных за все время. Действительно, если по словам Альбатегния вавилоняне дают на три вторых шестидесятых больше, а Табит — на одну меньше, то, не оскорбляя ни инструментов, ни наблюдений, которые, как ты знаешь, никогда не могут быть ἀκριβέστατα (точнейшими), это можно приписать или неравномерности движения Солнца, или тому, что самые древние, не имея точных расчетов для затмений, пре-
8 небрегали при наблюдених различиями в видимых положениях Солнца. Однако эту ошибку за все время, прошедшее от вавилонян до нас, никоим
9 образом нельзя сравнивать с той, которая составляет 22 вторых шестидесятых дня за время от Птолемея до Альбатегния. А что за время между Гиппархом и Птолемеем необходимо должен был выпасть один день без $1/20$ части, а между последним и Альбатегнием почти 7 дней, я не без величайшего удовольствия установил это для тебя, ученейший господин Шонер, из вышеупомянутой теории звездных движений и данного самим господином наставником исследования движения Солнца, как ты увидишь немного позже.

Об изменении наклона эклиптики

Изменение наибольшего склонения, как нашел господин доктор, мой наставник, характеризуется таким отношением, что за время одного периода неравномерности движения неподвижных звезд проходит половина периода изменения наклона, так что им было установлено, что полное изменение наклона совершается в течение 3434 египетских лет.

Во времена Тимохара, Аристарха и Птолемея изменение наклона было наиболее медленным, так что даже величину наибольшего отклонения считали постоянной и равной всегда $^{11}/_{83}$ частям большого круга. После них Альбатегний для своего времени дал величину 23 градуса 35 минут приблизительно; за ним примерно через 190 лет Арзахель — 23 градуса 34 минуты, Профаций Иудей через 230 лет после него — 23 градуса 32 минуты, а в наше время наклон не больше 23 градусов 28 $^{1}/_{2}$ минуты. Таким образом, ясно, что в течение 400 лет до Птолемея изменение наклона было наиболее медленным, от Птолемея до Альбатегния приблизительно за 750 лет наклон уменьшился на 17 минут, а от Альбатегния до нас за 650 лет — только на 7 минут; отсюда следует, что изменение наклона совершается как отклонение планет от эклиптики в виде некоторого колебательного движения по прямой линии, являющегося в середине наиболее быстрым, а около краев — самым медленным. Следовательно, во времена Альбатегния полюс равноденственного круга или эклиптики находился приблизительно в среднем месте этого колебательного движения, а в наше время — около второй границы наибольшей медленности, где происходит наибольшее приближение одного полюса к другому. Но выше мы предположили, что движение неподвижных звезд и неодинаковую величину года отсчитываемого от равноденствий следует объяснять при помощи движения равноденственного круга, а полюсы последнего представляют конечные точки земной оси, по которым берется высота полюса. Итак, ученейший господин Шонер, ты увидишь, как я мимоходом обращаю твое внимание на гипотезы, или теории движения, какие требуются наблюдениями; но ты услышишь еще и более ясные свидетельства.

Далее, господин наставник предположил, что наименьший наклон будет 23 градуса 28 минут и что разность его с наибольшим составляет 24 минуты. На основании этого он геометрическим методом составил таблицу пропорциональных минут, чтобы по ней можно было для всех времен определять наибольшую наклонность дуги эклиптики. Так, например, эти пропорциональные минуты в эпоху Птолемея равнялись 58, а в эпоху Альбатегния — 24, Арзахеля — 15, в наше время — 1. Если при их помощи брать пропорциональные части от 24 минут, то мы, очевидно, получим точный закон изменения наклона эклиптики.

Об эксцентриситете и движении апогея Солнца

Поскольку в теории движения Солнца все трудности связаны с непостоянной и меняющейся величиной года, то прежде всего должно сказать об изменении апогея и эксцентриситета; тогда мы будем иметь в своем распоряжении все причины неравенства года, которые, между прочим, как указал господин наставник при помощи приспособленных для этого теорий, закономерны и хорошо установлены.

Когда Птолемей предположил неподвижность апогея Солнца, то он скорее предпочел принять общераспространенное мнение, чем поверить своим наблюдениям, которые, пожалуй, несколько отличались от общепринятых. Однако, как достоверно получается из его собственного повествования, известно, что эксцентриситет около времени Гиппарха, т. е.
[1] за 200 лет до Птолемея, равнялся 417 частям, каких в радиусе эксцентра содержится 10 000, в эпоху Птолемея — 414 таким же частям, во время Арзахеля (которому больше доверял даже наш Региомонтан) он, как можно установить по наибольшей величине уравнения, составлял приблизительно 346 частей, в нашу же эпоху — 323, так как господин наставник утверждает, что он получил наибольшее уравнение не более 1 градуса 50 $^1/_2$ минуты.

После этого, тщательно изучая перемещения апсид Солнца и остальных планет, он сначала установил, как ты можешь видеть даже из вышесказанного, что апсиды перемещаются особыми движениями по сфере неподвижных звезд, и нельзя уже более утверждать, что видимые движения неподвижных звезд и апсид, а также изменение наклона эклиптики зависят от одного движения и единственной причины, как если бы кто-нибудь из ваших искусников, которые движения планет считают τοὺς αὐτομάτους (самостоятельными), попытался получить движения и видимые положения отдельных планет при помощи одного и того же механизма, или если кто-нибудь предполагал возможным защищать мнение, что рука, нога и язык и вообще действия всех органов производятся одним и тем же мускулом и одной и той же движущей силой.

Итак, господин наставник приписывает апогею Солнца два движения, а именно среднее и неравномерное, какими он движется под восьмой сферой. К этому присоединяется то, что во время перемещения истинного равноденствия средним и неравномерным движением против последовательности знаков апогеи Солнца и остальных планет остаются сзади, как неподвижные звезды. Поэтому, чтобы наблюдения всех времен удовлетворяли взаимносогласному закону, он и был принужден различать друг от друга три этих движения.

Чтобы понять это, возьми наибольший эксцентриситет — 417 и наименьший, который еще наступит, — 321; пусть разность в 96 частей будет как бы диаметром малого круга, по окружности которого от востока к

западу будет двигаться центр эксцентра; таким образом, от центра мира
до центра этого малого круга будет 369 таких частей. Все эти части, как 12
было только что сказано, таковы, что в радиусе эксцентра их содержится
10 000. Вот ты и получишь механизм, который он нашел при помощи трех
вышеупомянутых значений эксцентриситета, примерно таким же образом,
каким при помощи трех затмений Луны божественно изобретенным способом вносятся поправки в ее равномерные движения.

Затем он установил, что центр эксцентра совершает оборот со скоростью, равною той, с которой происходит возвращение всего изменения наклона эклиптики. И это, конечно, заслуживает наибольшего удивления, поскольку все это выполняется с таким большим и чудесным согласием.

Наибольший эксцентриситет имел место приблизительно за 60 лет до рождества Христова, в то же самое время было также наибольшим и склонение Солнца, и в каком отношении убывала одна из этих величин, в таком же, а не каком-нибудь другом, убывала и другая, так что эта игра природы и другие того же рода доставляли мне наибольшее облегчение в переменном счастьи моей жизни и приятнейшим образом облегчали страдающий дух.

О том, что соответственно движению эксцентра сменяются мировые монархии

Присоединю к этому и некоторое предсказание. Мы видели, что все монархии получали свое начало, когда центр эксцентра находился в каком-нибудь замечательном месте упомянутого малого круга. Так, в то время, когда эксцентриситет Солнца был наибольшим, римская империя склонилась к монархии и по мере убывания эксцентриситета таким же образом убывала, как бы старея, и наконец исчезла. Когда центр пришел в четверть круга, или средний предел, появился закон Магометов, и, таким образом, получила свое начало другая великая империя и стала быстро возрастать в соответствии с законом движения эксцентриситета. Но через 100 лет, когда эксцентриситет сделается наименьшим, и эта империя завершит свой период, так что около этого времени она будет находиться на наивысшей своей вершине, с которой так же скоро, если захочет бог, низринется ускоряющимся падением. Когда же центр эксцентра дойдет до другого среднего предела, то мы будем надеяться на пришествие господа нашего Иисуса Христа, ибо в этом месте эксцентриситет находился во время сотворения мира; и эти расчеты не отличаются многим от слов
Илии, который предсказал божественным побуждением, что мир просу- 13
ществует только 6000 лет, за какое время совершаются примерно два обращения.

Таким образом, этот малый круг поистине оказывается колесом Фор-

туны, в круговращении которого берут свое начало и сменяются мировые монархии. В этом виде наибольшие изменения всей мировой истории представляются как бы вписанными в упомянутый круг. Какими же должны быть эти империи, будут ли они строиться на основании справедливых законов или же тиранических и каким образом это определяется на основании великих соединений и других ученых догадок, я скоро, если захочет бог, услышу от тебя лично.

Далее, в то время как центр эксцентра опускается к центру мира, центр малого круга в соответствии с этим перемещается в направлении последовательности знаков приблизительно на 25 секунд за каждый египетский год. И так как центр эксцентра движется от наибольшего расстояния против последовательности знаков, то уравнение, соответствующее движению аномалии за предложенное время, вычитается из среднего движения, пока не завершится полуокружность; в остальной же части оно придается для получения истинного движения апогея.

Наибольшее уравнение между истинным и средним апогеями из всего вышесказанного определяется геометрически в 7 градусов 24 минуты; все остальные значения уравнений находятся, как обычно, в соответствии с положением центра эксцентра в этом малом круге. Мы можем считать известным неравномерное движение, так как заданы три положения; относительно среднего движения есть некоторое сомнение, поскольку для этих трех положений мы не имеем истинного положения апогея Солнца на эклиптике, и именно вследствие несогласия между Альбатегнием и Арзахелем, как говорит нам Региомонтан в третьей книге своей «Эпитомы», в 13-м предложении.

Альбатегний слишком свободно злоупотребляет тайнами астрономии, как можно видеть во многих местах. Если он сделал это при определении апогея Солнца, то, конечно, имел точное время равноденствия; однако, как свидетельствует и Птолемей, невозможно при помощи инструментов точно установить времена солнцестояний, ибо неточность в одну минуту для склонения (а она легко может ускользнуть от наших чувств) может в этом месте привести к ошибке примерно в четыре градуса, которым соответствуют четыре дня; тогда каким же образом он мог установить место солнечного апогея? Если он шел в своих рассуждениях, опираясь на промежуточные положения Солнца на эклиптике, как передает Региомонтан в 14-м предложении той же третьей книги, то он пользовался не более надежным методом. Следовательно, он ошибся, и пусть поставит на свой счет то, что выбрал затмения, имевшие место не вблизи апогея, но в средних долготах эксцентра Солнца, где перемещение апогея на расстоянии шести градусов от истинного своего места не может произвести никакой заметной ошибки в затмениях.

По словам Региомонтана, Арзахель хвастается, что он произвел 402 наблюдения и из них установил место апогея. Мы соглашаемся, что при

такой тщательности он, конечно, мог найти истинное значение эксцентриситета, но поскольку не видно, чтобы он в своих рассуждениях пользовался лунными затмениями поблизости к солнечным апсидам, то ясно, что в установлении наивысшей апсиды с ним следует соглашаться не больше, чем с Альбатегнием.

Отсюда ты видишь, сколько труда понадобилось преодолеть господину наставнику для установления среднего движения апогея. Он сам в течение приблизительно 40 лет наблюдал в Италии и здесь, в Вармии, затмения и движение Солнца и выбрал то наблюдение, которое, будучи произведено в 1515 году до рождества Христова, установило апогей Солнца на $6\,^2/_3$ градуса Рака. Затем, исследуя все имеющиеся у Птолемея затмения и сравнивая их со своими, наблюденными им тщательнейшим образом, он определил среднее годовое движение апогея приблизительно в 25 секунд, если считать от неподвижных звезд, или же примерно в 1 минуту и 15 14
секунд от среднего равноденствия; при помощи этих данных из среднего и неравномерного движений, если учесть истинную прецессию, получается, что истинное положение апогея по отношению к равноденствию во времена Гиппарха было на 63 градусах, во время Птолемея — на $64\,^1/_2$, Альбатегния — на $76\,^1/_2$, Арзахеля — на 82, а в наше время все согласуется с опытом. Это, конечно, более соответствует действительности, чем по Альфонсинам, которые для времени Птолемея устанавливают апогей Солнца на 12 градусах Близнецов, а для нашей эпохи — в начале Рака; к определению Арзахеля мы подходим на два градуса ближе, чем Альфонсины. Вычисленное по ним положение апогея у Альбатегния превышает его на 1 градус, а мы вполне законно отступаем от него на 6 градусов назад.

Действительно, господин доктор, наставник мой, меньше всего может отойти от своих наблюдений и Птолемея, потому что он это видел и замечал своими очами и, кроме того, удостоверился, с какой наивысшей тщательностью, используя затмения Луны и Солнца, Птолемей до мелочей исследовал их движения и надежно установил их, насколько это было для него возможно. А что мы принуждены отступить от него почти на один градус, то это мы определили на основании движения апогея, который сам Птолемей считал неподвижным, почему и менее прилагал забот при исследовании в этой области.

Теперь ты знаешь, каковы воззрения господина наставника моего относительно движения Солнца. Он составил таблицы, при помощи которых в любое заданное время можно найти истинное положение солнечного апогея, истинный эксцентриситет, истинные уравнения, средние движения Солнца по отношению к неподвижным звездам и к средним равноденствиям, при помощи которых он может получить истинное место Солнца согласным с наблюдениями во все времена. Отсюда ясно, что таблицы Гиппарха, Птолемея, Теона, Альбатегния, Арзахеля и составленные по ним

в некоторой части Альфонсины являются только временными и действительными самое большее на 200 лет, а именно пока не получатся заметные отличия в величине года, эксцентриситета, уравнения и т. д. Это совершенно так же твердо установлено и относительно истинных и видимых движений для остальных планет.

Следовательно, астрономия господина доктора, моего наставника, вполне заслуженно может назваться вечной, как об этом свидетельствуют наблюдения всех времен и, без сомнения, подтвердят наблюдения потомства. Свои движения и места апсид он отсчитывает от первой звезды Овна, так как среднее движение должно браться по отношению к неподвижным звездам, затем, прибавив истинную прецессию, он определяет и устанавливает, на сколько в каждую эпоху истинные положения планет отстоят от истинного равноденствия.

Если бы подобная теория небесных явлений существовала хотя бы немного ранее нашего времени, то у Пико не было бы ни малейшего повода нападать в восьмой и девятой книгах не только на астрологию, но и на астрономию. Ведь мы и сами видим в настоящее время, насколько значительно обычный счет отступает от истины.

Специальное рассмотрение величины года, считаемого от равноденствий

При исправлении календаря многие перечисляют различные установленные авторами величины года, но делают это спутанно и ничего не определяют окончательно, что, конечно, удивительно для таких математиков.

Но ты, ученейший господин Шонер, из вышесказанного можешь видеть четыре причины неравномерности движения Солнца по отношению к равноденствиям, а именно неравномерность предварения равноденствий, неравномерность движения Солнца по эклиптике, уменьшение эксцентриситета и, наконец, продвижение апогея от других причин; на основании всего этого год, отсчитываемый от равноденствий, никак не может быть одинаковым.

Птолемей, впрочем, и не виноват, так как он полагал, что среднее движение должно определяться от равноденствий, поскольку неподвижные звезды движутся в направлении последовательности знаков, а положение апогея считал постоянным и эксцентриситет Солнца неубывающим, но я не могу себе представить, как могли бы оправдаться другие.

Действительно, даже если мы согласимся с ними, что звезды и апогей Солнца движутся одним и тем же движением в направлении последовательности знаков и что, вследствие этого, в действительности ничего не меняется в отсчитываемом от истинного равноденствия времени, а вся неравномерность происходит скорее от недостатков инструментов (однако

сказать так в наше время было бы совершенно нелепо), поскольку движение солнечного апогея еще мало изменяет величину года, то из этого еще не следует, что Солнце правильно возвращается к истинному равноденствию всегда в одинаковые промежутки времени, подобно тому как мы говорим, что Луна правильно удаляется от среднего апогея эпицикла и возвращается к нему в одинаковое время, что утверждает ученейший Марк 16
Беневентский согласно с Альфонсинами. Действительно, поскольку мы никак не можем отрицать изменяемости солнечного эксцентриситета, то пусть они сами посмотрят, как можно утверждать, что наблюденная по равноденствию величина года остается постоянной, несмотря на отклонение угла аномалии от среднего движения? Я же от всей души поздравляю государство и всех ученых, которым будет полезен труд господина доктора, моего наставника, с тем, что мы имеем вполне установленную теорию для неравномерности года.

Но, чтобы ты, ученейший господин Шонер, мог легче заметить все это своим умом, я перед твоими глазами покажу то же самое на числах, чтобы наконец выполнить обещанное мною ранее.

Пусть Солнце будет в точке среднего весеннего равноденствия, которая во время произведенного Гиппархом наблюдения осеннего равноденствия в 147 году до рождества Христова на 3 градуса 29 минут предшествовала первой звезде Овна. Пусть Солнце пойдет из этой точки восьмой сферы так, чтобы вернуться в эту же точку по истечении звездного года (а именно 365 дней 15 первых и приблизительно 24 вторых шестидесятых). Но так как среднее равноденствие за время звездного года перемещается навстречу Солнцу приблизительно на 50 секунд, то выходит, что Солнце в точку среднего равноденствия придет раньше, чем в то место, из которого оно вышло, а именно, где Солнце и среднее равноденствие находились в соединении в одной и той же точке эклиптики. Следовательно, отсчитываемый от среднего равноденствия год будет меньше звездного, который по нашим предположениям считается приблизительно равным 365 дням 14 первым и 34 вторым шестидесятым.

Но если мы исследуем, сколько дней и частей дня наросло по отношению к среднему равноденствию за 285 лет, прошедших от Гиппарха до Птолемея, то получим приблизительно 69 дней и 9 шестидесятых; таким образом получится недостаток в 2 дня с 6 шестидесятыми, если мы примем, что за каждый год нарастает четвертая часть дня. Теперь исследуем и ос- 17
тальные причины, пока не получим, что не будет хватать только одного дня без $^1/_{20}$.

Во время наблюдения Гиппарха истинное равноденствие предшествовало среднему почти на 21 минуту звездной эклиптики в направлении против последовательности знаков, причем Солнце тогда и было в этой точке; во время же Птолемея истинное равноденствие следовало за средним на расстоянии почти 47 минут. Итак, когда во время Птолемея Солнце

достигло точки, лежащей на 21 минуту перед средним равноденствием, в которой оно во время Гиппарха оставило истинное равноденствие, то равноденствия еще не было; его не было даже тогда, когда Солнце дошло до среднего равноденствия; лишь когда Солнце перешло последнюю упомянутую точку на 47 минут, оно, как говорит Плиний, попало на центр Земли, а именно на место истинного равноденствия. Следовательно, Солнцу нужно было пройти еще 1 градус 8 минут; эту дугу оно прошло в истинном движении за 1 день и 8 шестидесятых. Это я пока оставляю в стороне и размышляю, на сколько в этом месте уменьшился угол аномалии; я нахожу, что ему соответствует приблизительно одна шестидесятая часть дня.

Таким образом, ясно, что к дням, отсчитанным от среднего равноденствия, прибавляется 1 день и 9 шестидесятых; поэтому Птолемей правильно сообщил, что между наблюдениями его и Гиппарха от одного истинного равноденствия до другого прошло 285 лет 70 дней и 18 шестидесятых дня; поэтому не хватает 57 шестидесятых дня, что получается также при вы-
18 читании 1 дня и 9 шестидесятых из 2 дней 6 шестидесятых, которых, как мы видели выше, недоставало при расчетах по среднему равноденствию.

Теперь скажу о недостатке 7 дней между Птолемеем и Альбатегнием; это будет еще яснее, так как промежуток времени больше, а именно 743 года, почему и все причины становятся более заметными. Во время Птолемея среднее равноденствие предшествовало первой звезде Овна приблизительно на 7 градусов 28 минут в направлении против последовательности знаков. Но поскольку, как было сказано, среднее равноденствие тем временем шло навстречу Солнцу, то оказалось, что за промежуточные годы между Птолемеем и Альбатегнием в результате прибавок по отно-
19 шению к среднему равноденствию наросло приблизительно 180 дней и 14 шестидесятых. Следовательно, если мы сравним года, исчисляемые по среднему равноденствию, то не будет хватать 5 дней 31 шестидесятой; это получится из расчета, что в четыре года прибавляется один день.

Но если во время Птолемея Солнце оставляло истинное равноденствие на расстоянии 47 минут сзади среднего равноденствия в направлении последовательности знаков, то во время Альбатегния истинное равноденствие было на 22 минуты впереди среднего в направлении против последовательности знаков. Следовательно, Солнце было в истинном равноденствии позже, чем в среднем, или в месте, где оно раньше покинуло истинное равноденствие, что противоположно первому примеру.

Итак, сколько времени будет соответствовать одному градусу 9 минутам, столько должно убавиться от дней, считаемых по отношению к среднему равноденствию, и прибавиться к остатку, а именно 5 дням и 31 шестидесятой; так как подобным же образом следует поступить с изменением угла аномалии вследствие уменьшения эксцентриситета, которому соответствуют 30 шестидесятых дня, то от среднего времени убавится 1 день

и 30 шестидесятых вследствие изменения угла аномалии и неравномерного движения прецессии, вместе с двумя остальными причинами неравномерности движения Солнца; истинное прибавление от времени Птолемея до времени наблюдения Альбатегния выйдет равным 178 дням и 44 шестидесятым. Но то же самое убавление, будучи приложено к 5 дням 31 шестидесятой, показывает, что выпало 7 дней с 1 шестидесятой, что и требовалось доказать.

Такого труда стоило восстановить подобным расчетом движение Солнца и неподвижных звезд, чтобы из вычисления их движений можно было получить правильное определение величины года, считаемого от равноденствия. Таким образом, ученейшему мужу, господину моему наставнику, бог дал бесконечное царство в области астрономии, и пусть господь благословит его царствование восстановлением астрономической истины, ее сохранением и увеличением. Аминь.

Я решил, ученейший господин Шонер, кратко изложить тебе всю теорию движения Луны и остальных планет, как я это сделал относительно неподвижных звезд и Солнца, чтобы ты мог понять, сколько пользы для изучающих математику и для всего потомства проистечет из книг господина наставника как из плодовитейшего источника. Но, когда я увидел, что моя работа становится слишком большой, я счел нужным посвятить этому особое повествование. Но так как я считаю необходимым забежать как бы вперед и подготовить путь, то я займусь этим уже здесь и дам некоторые общие сведения о гипотезах, относящихся к движению Луны и остальных планет, чтобы у тебя появилось больше надежды на весь труд и ты понял, какая необходимость принудила его к принятию необычных гипотез или теорий.

Так как в начале нашего повествования я уже предуведомил, что господин наставник расположил свой труд по образцу Птолемеева, то мне, как будто, остается только рассказать тебе предварительно об его способе исправления расчета движений, ибо, конечно, никто из тех, к кому благосклонна Урания, не может в достаточной мере не восхищаться Птолемеем и не восхвалять неутомимую тщательность его вычислений, надежность наблюдений, как бы превышающую человеческие силы, поистине божественный характер исследования до самого конца всех движений и явлений и, наконец, последовательный и согласованный метод изложения и доказательства.

Однако в одном отношении на долю господина моего наставника выпал больший труд, чем Птолемею, так как ему непременно было нужно привести в определенное и везде между собой согласное соотношение, или гармонию, весь ряд и последовательность всех движений и небесных явлений, которые в виде наблюдений за 2 тысячи лет расставлены выдающимися людьми на обширнейшем поле астрономии, тогда как Птолемей на-

блюдения древних, на которые он мог надежно положиться, имел только за четвертую часть упомянутого времени. И так как ошибки астрономии открываются нам τοῦ χρόνου (временем), истинным богом и законодателем небесного государства, так что незаметная или даже пренебрежительно малая ошибка в начале установления астрономических гипотез, предписаний или таблиц с течением времени раскрывается и распространяется даже до бесконечности, то господину доктору, моему наставнику, понадобилось не столько обновить астрономию, сколько целиком ее построить с самого основания.

Многие гипотезы древних, например Тимохара, Гиппарха и других, Птолемей мог достаточно удовлетворительно согласовать с рядом разнообразных неравномерностей движений, которые были ему известны за столь небольшой промежуток протекшего времени наблюдений. Поэтому он правильно и осторожно и даже вполне похвально избрал те гипотезы, которые казались более согласными и с разумом и с нашими чувствами и которыми пользовались до него лучшие знатоки. Но так как наблюдения всех знатоков, само небо и математическая теория убеждают нас, что гипотезы Птолемея и общераспространенные никоим образом не достаточны для установления вечной и вполне друг другу соответствующей связи и гармонии небесных явлений, а также для составления таблиц и правил, то оказалось необходимым, чтобы господин мой наставник измыслил новые гипотезы, после установления которых можно было бы правильно и последовательно вывести геометрически и арифметически такие же соотношения движений, какие некогда получили древние и Птолемей, устремившись ввысь τῷ θείῳ φύχης ὄμματι (божественным оком души), и какие и в настоящее время существуют в небе, как показывают тщательные наблюдения людям, собирающим следы древних. Конечно, ученые и в дальнейшем увидят, какую пользу имеют Птолемей и остальные древние авторы; их, как бы исключенных из школы, призовут назад и восстановят в прежней части, как возвращенных изгнанников. Поэт сказал:
21 «К неизвестному мы не стремимся». Поэтому не удивительно, что Птолемей со всей древностью до сих пор молчал, находясь во мраке и пренебрежении, о чем, без сомнения, ты, досточтимейший господин Шонер, часто сожалел вместе с другими благонамеренными и учеными мужами.

Общие соображения о движениях Луны вместе с новыми гипотезами господина наставника

По-видимому, только теория затмений сохраняет честь астрономии у незнающей черни; однако мы постоянно видим, что в настоящие дни затмения и по времени и по предсказанной величине не сходятся с общепринятыми расчетами. Но точнейшие наблюдения Птолемея и других

лучших авторов мы никак не должны отвергать как ложные и непригодные для составления астрономических таблиц, как это делают некоторые, если только время не обличит и не укажет нам вкравшуюся очевидную ошибку. Ведь что же более свойственно человеку, как иной раз не ошибаться и не быть введенным в заблуждение даже тем, что кажется истинным, в особенности в этих труднейших делах, в высшей степени сокровенных и никак не очевидных?

В объяснении движения Луны господин мой наставник принял теории и расчеты движений, какие обнаруживают, что самые выдающиеся древние философы никоим образом не были слепыми в своих наблюдениях. Поэтому, подобно тому как мы показали выше, что увеличение и уменьшение года, отсчитываемого от равноденствий, подчиняется определенным правилам, так и из тщательного рассмотрения движения Солнца и Луны оказалось возможным вывести, какими в различные времена были истинные расстояния Солнца, Луны и Земли между собой, какие различные отношения между истинными диаметрами Солнца, Луны и тени были обнаружены в разные эпохи, и, таким образом, на основании всего этого получить надежные методы определения параллаксов Солнца и Луны.

Наш Региомонтан говорит в 5-й книге «Эпитомы» в предложении 22-м: «Но удивительно, что в квадратуре Луна, находясь в перигее эпицикла, не является нам такой большой, хотя, если бы она светила полностью, ей нужно было бы казаться по величине в четыре раза больше той, которую она имеет в оппозиции, находясь в апогее эпицикла». Так же точно думали и Тимохар с Менелаем, которые в наблюдениях звезд пользовались как бы всегда одинаковым диаметром Луны. Но опыт показал господину моему наставнику, что различия параллаксов и размеры лунного тела на любых расстояниях от Солнца очень мало или даже совсем не отличаются от тех, которые получаются в соединении и оппозиции, так что становится очевидным, что Луне никак нельзя приписать такой эксцентр, как обычно принято. Поэтому он полагает, что сфера Луны обнимает Землю с прилежащими к ней стихиями и что центр ее деферента совпадает с центром Земли, а по этому деференту равномерно движется центр лунного эпицикла.

Вторую же неравномерность, которую, как мы видим, Луна имеет по отношению к Солнцу, он устраняет следующим образом. Он предполагает, что тело Луны движется по эпициклу на эпицикле гомоцентрического круга; это значит, что к первому эпициклу, который становится заметным почти только в соединении и оппозиции, он добавляет еще один небольшой эпицикл, несущий тело Луны, и показывает, что отношение диаметра первого эпицикла к диаметру второго равно отношению 1097 к 237.

Кроме того, закон движений таков. Наклонная круговая орбита имеет такой же закон движений, как и раньше, но равномерность их опре-

деляется по отношению к неподвижным звездам: деферент, являющийся тоже концентрическим, движется правильно и равномерно вокруг своего центра, т. е. Земли, так же равномерно и правильно удаляясь от линии среднего положения Солнца; первый эпицикл тоже равномерно вращается вокруг своего центра, перенося центр второго эпицикла в верхней своей части против последовательности знаков, а в нижней — в направлении последовательности. Он отсчитывает это движение от истинного апогея и, прове́дя в верхней части первого эпицикла линию из центра Земли через центр этого эпицикла до окружности, доказывает, что рассматриваемое движение является равномерным и правильным.

Луна также правильно и равномерно движется по окружности второго или малого эпицикла, выходя из истинного апогея малого эпицикла, который определяется прямой, выходящей из центра первого эпицикла и идущей через центр второго до его окружности; закон этого движения заключается в том, что в течение одного периода деферента Луна два раза обходит свой эпицикл; таким образом, во всех соединениях и оппозициях Луна будет находиться в перигее малого эпицикла, в квадратурах же — в его апогее. Таков механизм, или гипотеза, при помощи которой господин наставник исключает все вышеупомянутые неудобства, наглядно показывая, что она удовлетворяет всем явлениям, как это можно также заключить из его таблиц.

Итак, ученейший господин Шонер, ты видишь нас, освободившихся в случае Луны от экванта, поскольку мы приняли, кроме того, теорию, которая соответствует опыту и всем наблюдениям; затем он точно так же устраняет экванты и для остальных планет, давая каждой из трех верхних планет только один эпицикл и эксцентр, каждый из которых равномерно движется вокруг своего собственного центра, а планета на эпицикле совершает одинаковые обороты с эксцентром; Венере же и Меркурию он дает эксцентр с эксцентром. А что планеты кажутся нам движущимися прямым и попятным движением или стоящими на месте, близкими или далекими от Земли в различные годы, он показывает, что все это может быть объяснено при помощи другого правильного движения земного шара, которое сверх этого прибавляется к вышеупомянутым; оно заключается в том, что Солнце занимает центр мира, а Земля вместо Солнца вращается вокруг последнего на эксцентре, который ему заблагорассудилось назвать Великим кругом. И, конечно, чем-то божественным будет то, что точная теория небесных явлений должна зависеть только от правильных и равномерных движений одного земного шара.

Основные причины, по которым следует отступить от гипотез древних астрономов

Во-первых, чтобы он счел возможным объяснить движением Земли многие небесные явления и сделать это безусловно наиболее удобным образом, его, бесспорно, склоняли (как ты слышал) установление предварения равноденствий и изменение наклона эклиптики.

Затем то, что такое же уменьшение эксцентриситета Солнца замечается подобно в пропорциональных отношениях и у эксцентриситетов остальных планет. Потому что планеты, очевидно, имеют центры своих деферентов около Солнца как бы середины Вселенной.

Так же полагали и древнейшие (не говоря пока о пифагорейцах); это ясно хотя бы из того, что говорит Плиний, а именно, что Венера и Мер- 22
курий не отходят от Солнца далее твердых и заранее определенных границ; он без сомнения, следовал наилучшим авторам, говоря, что, поскольку они имеют орбиты, обращенные к Солнцу, то им надлежит иметь также и среднее движение Солнца. Он называет движение Марса трудно определимым, не говоря уже о том, что исправить движения Марса нелегко, так как нет сомнений в том, что Марс иногда допускает больший параллакс, чем само Солнце; поэтому кажется невозможным, чтобы Земля находилась в центре мира. Правда, то же самое легко замечается, когда Сатурн и Юпитер по отношению к нам находятся во время утренних и вечерних восходов, но все же это больше всего и главным образом наблюдается в разнообразии восходов Марса.

Действительно, планета Марса иногда имеет тусклый свет, не так обманывает взор, как Венера или Юпитер, но являет изменения в величине в зависимости от расстояния от Земли. Поэтому Марс в вечернем восходе кажется по величине равняющимся с Юпитером и отличается от него только огненным блеском, в своих же выхождениях и сокрытиях он еле может быть отличен от звезд второй величины; отсюда следует, что в вечернем восходе он более всего подходит к Земле и, наоборот, в утреннем восходе отстоит от нее всего дальше; все это, конечно, никоим образом не может получиться при помощи эпицикла. Следовательно, для правильного установления движений Марса и иных планет Земле, очевидно, нужно наметить иное место.

В-четвертых, господин наставник видел, что только при помощи этой теории можно удовлетворительно объяснить то, что все вращения кругов в мире совершаются правильно и равномерно вокруг своих, а не посторонних центров, что наиболее приличествует круговому движению.

В-пятых, математикам не менее, чем медикам, нужно знать, что Га- 23
лен подчеркивает в разных местах Μηδὲν εἰκῇ τὴν φύσιν ἐργάζεσθαι (природа ничего не делает наобум), а также: οὕτως εἶναι τόν δημιουργὸν ἡμῶν σοφὸν, ὃς μὴ μίαν ἕκαστον τῶν ὑπὸ αὐτοῦ γεγονοτων ἔχειν τήν χρείαν, ἀλλὰ καὶ δύο, καὶ

τρεῖς, καὶ πλείους πολλάκις (наш творец настолько мудр, что каждое из его порождений имеет не одно только назначение, но два или три, а часто и больше). Поэтому если мы видим, что он при помощи одного только движения Земли удовлетворительно объясняет как бы бесконечное множество явлений, то неужели мы богу, творцу природы, не припишем той старательности, которой, как мы видим, обладают обыкновенные часовщики? Ведь они тщательнейшим образом стараются избежать помещения в инструмент лишнего колесика, если при изменении положения какого-нибудь другого колеса последнее удобнее выполнит роль первого. И что же могло удержать господина наставника как математика от принятия надлежащей теории движения земного шара, если он видел, что при допущении этой гипотезы для построения точной теории небесных явлений нам будет достаточно одной только восьмой сферы, и то неподвижной, а также Солнца, неподвижного в середине мира, а для движений остальных планет хватит эксцентров с эпициклами, эксцентров с эксцентрами или эпициклов с эпициклами?

К этому присоединяется еще то, что движение Земли по ее орбите может полностью являться как бы аргументом для движения всех остальных планет, за исключением Луны; его можно считать одной-единственной причиной всякой неравномерности движений, которая при этом явно обнаруживается у трех верхних планет при удалении от Солнца, а у Венеры и Меркурия вблизи Солнца; наконец, это движение позволяет для любой планеты удовлетвориться только одним отклонением деферента по широте; таким образом, движение планет требует подобных гипотез даже по существу.

Наконец, в-шестых, господина доктора, моего наставника, больше всего убедило то, что главную причину всей неопределенности в астрономии он видел в том, что творцы этой науки (я хочу сказать это не в упрек божественному Птолемею, отцу астрономии) свои теории и расчеты для упорядочения движений небесных тел недостаточно строго согласовали с правилом, которое требует, чтобы порядок и движение небесных сфер были приведены к совершенной систематичности. Хотя мы (как это и должно) относимся к ним с величайшим уважением, однако следовало бы пожелать, чтобы в построении гармонии движений они подражали музыкантам, которые, увеличивая или уменьшая натяжение одной струны, с величайшей заботой и тщательностью составляют и настраивают звучание всех остальных до тех пор, пока все они вместе не представят желаемого консонанса и ни в какой из них не будет заметно ничего диссонирующего.

Я скажу, между прочим, об Альбатегнии, что если бы он следовал этому правилу в своих трудах, то мы, без сомнения, имели бы в настоящее время более надежную теорию всех движений. Действительно, совершенно очевидно, что Альфонсины много заимствовали у него, и если этим правилом некогда пренебрегли, то следует опасаться (если только хватит

духа признаться в этом) крушения всей астрономии. Правда, из общих
принципов астрономии можно было видеть, что все небесные явления рас-
пределяются по среднему движению Солнца и вся гармония небесных дви-
жений устанавливается и сохраняется этим направляющим началом, по-
чему древние и называли Солнце χορηγὸς — правителем и царем природы,
но как оно могло бы осуществлять это управление или каким образом бог
мог бы руководить всей Вселенной (это прекраснейше изображает Аристо- 24
тель в περὶ κόσμου) и как могло бы Солнце играть роль божьего управите-
ля природой, столько раз проходя по всему небу и ни в каком месте не
останавливаясь, — все это до сих пор еще совершенно не объяснено и
даже не установлено. Не лучше ли принять мнение древних — это я
предоставляю судить геометрам и философам, конечно, сведущим в мате-
матике; ведь при оценке и обсуждении подобного рода контроверсий нужно
выносить приговор на основании не обычных представлений, но законов
математики (в суде которой и рассматривается это дело).

Прежний способ управления отброшен, новый принят. Однако господин доктор, мой наставник, решил, что отвергнутый способ управления Солнца делами природы должно восстановить, но так, чтобы и принятый и одобренный способы получили свои места. Ведь он знает, что и в человеческих делах нет надобности, чтобы сам император ездил в отдельные города для исправления возложенной на него богом обязанности, и сердце для сохранения живого тоже не переселяется в голову или ноги и другие части тела, но выполняет предназначенную ему богом службу через другие ὄργανα.

После того как он установил, что среднее движение Солнца должно быть таким движением, которое не существует только в воображении, как у других планет, но имеет самостоятельную причину, так как действительно является χορευτὴν ὁμοῦ καὶ χοροστάτην (одновременно и членом и руководителем хора), то он признал свое мнение твердым и не противным истине.

Действительно, он видел, что при помощи его гипотез можно геометрически найти действенную причину равномерного движения Солнца и показать, как это среднее движение Солнца необходимо участвует в определенном отношении во всех видимых движениях остальных планет, как это видно для каждого отдельного случая; далее, предположение о движении Земли по эксцентру в состоянии дать ясную и надежную теорию небесных явлений, в которой нельзя ничего изменить, сохраняя, как следовало бы, одновременно всю систему в должных отношениях. Исходя из обычных наших теорий мы не могли даже и подозревать подобного способа правления Солнца делами природы и пренебрегали, как поэтическим вымыслом, многими ἐγκώμια (похвалами) древних Солнцу.

Итак, ты видишь, какие гипотезы для сохранения движений следовало принять господину наставнику при таком построении.

Переход к перечислению новых гипотез всей астрономии

Я прерываю твои размышления, знаменитейший муж, я ведь вижу, как слыша о причинах возобновления гипотез астрономии, установленных с выдающейся ученостью и величайшим трудом господином моим доктором, ты уже думаешь, какое же подходящее обоснование должно дать гипотезам возрождающейся астрономии. Ведь ты вместе с другими истинными математиками и всеми благонамеренными людьми считаешь, что та порода людей, которые пытаются по своему желанию водить по эфиру все звезды, как бы набросив на них узы, скорее достойна сожаления, чем ненависти. Так как ты очень хорошо знаешь, какое место у астрономов занимают гипотезы или теории и в какой мере математик отличается от физика, то я думаю, ты тоже будешь считать установленным, что нужно идти туда, куда постоянно влекут наблюдения и свидетельства самого неба, полагая, что при божьей помощи все трудности будут преодолены при сопутствии математики и неутомимой работы.

Поэтому если кто-нибудь решит обратить внимание на высшую и главную цель астрономии, то вместе с нами возблагодарит господина доктора, моего наставника, и подумает, что к нему тоже относится это место Аристотеля; τὰς μὲν οὖν ἀκριβεστέρας ἀνάγκας, ὅταν τις ἐπετύχῃ, τότε χάριν ἔχειν
26 δεῖ τοῖς ευρίσκουσι (Если кто-нибудь нападет на более точные необходимые доказательства, то следует быть ему благодарным за найденное). И так как Аристотель на своем примере и примере Калиппа убеждает нас, что если встречаются неравномерные движения небесных тел,
27 то для установления причин τῶν φαινομένων (явления) астрономия должна быть построена заново, и я надеюсь что и Аверроэс, достаточно мило-
28 стивый Аристарх для Птолемея, не более жестоко примет гипотезы господина наставника, если только захочет справедливыми очами взглянуть на науку о природе.

Я никак не могу думать, чтобы Птолемей был настолько привержен к своим гипотезам и был готов поклясться в их истинности, что, если бы ему была дана возможность возвратиться к жизни для построения надежной теории небесных явлений, то он, увидав царскую дорогу прегражденной и ставшей непроходимой от разрушений в течение стольких веков, не стал бы искать другого пути через земли и моря, если нельзя подняться к желаемой цели через воздух и открытое небо. Что же иное я мог бы сказать о том человеке, которого слова таковы: οὔτε τὰ ἀναποδείκτως ὑποτιθέμενα, ἐαν ἅπαξ σύμφωνα τοῖς φαινομένοις καταλαμβάνηται, χωρὶς ὁδοῦ τινος,
29 καὶ ἐπιστάσεως εὑρῆσθαι δύνηται, κἄν δυσέκθετος ᾗ ὁ τρόπος αὐτῶν τῆς καταλήψεως; ἐπειδὴ καὶ καθόλου τῶν πρώτων ἀρχῶν, ἢ οὐδὲν ἢ δυσερμήνευτον φύσει τὸ αἴτιον (принятые без доказательства положения нельзя находить без некоторого метода и размышления, хотя бы они сразу оказались согласными с явле-

ниями; правда, было бы трудно объяснить способ их восприятия, так как вообще у первых начал или нет никакой причины, или же ее нелегко по существу уяснить).

Как скромно и осторожно говорит Аристотель о теории небесных движений, можно видеть из различных мест в его книгах. В другом месте он говорит: πεπαιδευμένου γάρ ἐστιν ἐπὶ τοσοῦτον τ' ἀκριβὲς ἐπιζητεῖν καθ' ἕκαστον 30
γένος, ἐφ' ὅσον ἡ τοῦ πράγματος φύσις ἐπιδέχεται (образованному человеку свойственно производить в каждой области точные исследования до таких пределов, какие допускает природа дела). Но так как и в физике и в астрономии к основным принципам восходить нужно, главным образом, от результатов и наблюдений, то я также считаю установленным, что Аристотель, так обдуманно писавший о тяжелом и легком, о круговом вращении, покое и движении Земли, ознакомившись с обоснованием новых гипотез, без сомнения, чистосердечно признал бы, что именно было им доказано в его произведениях и что было принято без доказательства в качестве основного принципа. Поэтому я думаю, что и он подал бы голос за господина доктора, моего наставника, так как всем очень хорошо известно, что, как передают, сказал о нем Платон:
τὸν Ἀριστοτέλεα τῆς ἀληθείας εἶναι φιλόσοφον (Аристотель является фило- 31
софом истины). Но если бы даже он разразился жесточайшими словами, то я могу представить себе только то, что в этих восклицаниях он жаловался бы на положение прекраснейшей части этой философии в таких словах:
κανυ ἐμμελῶς ἀπὸ Πλάτωνος λέλεκται, γεωμετρίαν τε καὶ τὰς ταύτῃ ἑπομένας 32
ὀνειρώττειν μὲν περὶ τὸ ὄν, ὑπὲρ δὲ ἀδύνατον αὐταῖς ἰδεῖν, ἕως ἂν ὑποθέσεσι χρώμεναι ταύτας ἀκινήτους ἐῶσι, μὴ δυνάμεναι λόγον διδόναι αὐτῶν. (очень хорошо было сказано Платоном: «Геометрия и все следующие за ней науки лишь грезят о сущем и свыше этого им видеть невозможно, пока они, пользуясь гипотезами, оставляют их неизменными, не будучи в состоянии указать их смысл») и прибавил бы: πολλὴν τοῖς ἀθανάτοις θεοῖς χάριν ἔχειν δεῖ, ἐπὶ τῷ τὸν οἷον λόγον τῶν φαινομένων εἰδέναι (мы должны быть благодарны бессмертным богам за то, что знаем такую теорию явлений). Но так как все это более уместно не здесь, а в каком-нибудь другом рассуждении, то об остальных гипотезах господина доктора, моего наставника, я буду продолжать рассказывать свободно и по порядку, чтобы несколько больше осветить и то, о чем мы говорили выше.

Расположение Вселенной

Аристотель говорит: «Самым истинным является то, что служит обоснованием истинности для последующих». Поэтому господин настав- 33
ник мой решил принять такие гипотезы, которые содержали бы причины, могущие подтвердить истинность наблюдений предшествующих веков, и, как можно надеяться, сделали бы то, чтобы все позднейшие астрономические предсказания τῶν φαινομένων (явлений) оказались правильными.

В самом начале после немалых трудов он установил в качестве гипотезы, что звездная сфера, которую мы обычно называем восьмой, была создана богом в качестве обиталища, которое своими объятиями охватило бы всю природу и поэтому для вселенной было бы создано постоянное и неподвижное место. И так как движение воспринимается только по сравнению с чем-нибудь неподвижным, так что плывущие в море, «ко-
34 торым уже никакие земли не видны, но все кругом только небо и море», при спокойном от ветров море совершенно не чувствуют хода корабля, хотя бы они неслись с такой скоростью, чтобы в один час проходили многие мили, то и бог некогда ради нас украсил эту сферу звездными шариками, чтобы по отношению к ним, совершенно неподвижным в пространстве, мы могли замечать положения и движения других заключенных в ней сфер и планет. Затем вполне в согласии с этим бог в середине этого театра поместил своего управителя в природе и царя всей Вселенной — Солнце, выдающееся своим божественным величием,

Чтобы по ритмам его стали двигаться боги, и мир весь
35 Принял законы земной, предписанный строй сохраняя.

Остальные сферы распределены следующим образом. Первое место под твердью, или звездной сферой, уделено сфере Сатурна, внутри которой содержатся сферы Юпитера и затем Марса; Солнце же окружается сферой Меркурия и затем Венеры, так что центры сфер пяти планет находятся около Солнца. Но так как между вогнутой поверхностью сферы Марса и выпуклой Венеры остается достаточно обширное пространство, то в нем земной шар с прилежащими стихиями, окруженный лунной сферой, вращается по некоторому великому кругу, содержащему внутри себя сферы Меркурия и Венеры, а также и Солнце, так что Земля совершает свои движения среди планет точно как одна из них [см. рис. на стр. 34].

Когда я тщательнее обдумываю такое расположение всей Вселенной по мысли господина моего наставника, то я понимаю, как совершенно ясно
36 и правильно выразился Плиний: «Не людское дело исследовать внешние части мира или неба, в круговом покрове которого содержится все, да и не могут этого постигнуть догадки человеческого разума». И к этому он прибавляет: «Мир священ, неизмерим, весь во всем и даже сам это все, конечен и подобен бесконечному и т. д.». Действительно, если мы будем следовать господину моему наставнику, то вне выпуклости звездной сферы не будет ничего такого, что мы могли бы исследовать, разве только в той мере, в какой позволяет нам об этом знать священное писание, но даже и тогда будут закрыты пути для помещения чего-нибудь вне этой выпуклости. Поэтому будем с благодарностью восхищаться и созерцать всю остальную природу, как священную, заключенную богом в звездной сфере, для исследования и познания которой он обогатил нас многими способами, бесчисленными средствами и дарами и сделал нас к этому

способными; будем продвигаться до тех пор, до каких он позволил, и не будем пытаться перейти положенные им пределы.

Кроме этого, мир неизмерим и поистине даже в пределах своей вогнутости подобен бесконечному: это следует также из того, что мы видим мерцающими все звезды, за исключением планет и даже Сатурна, который, будучи ближайшим к их небу, движется по наибольшему кругу. Но это гораздо более очевидно выясняется при помощи ἀποδείξεις (доказательства) на основании гипотез господина наставника.

Действительно, несущий Землю Великий круг стоит по величине в некотором определенном отношении с пятью планетными орбитами, и, как доказывается, от этого происходят все неравенства видимых движений этих планет в зависимости от их положения относительно Солнца; далее, всякий горизонт на Земле разделяет звездную сферу на равные части, как большой круг Вселенной, и равномерность вращений сфер определяется по отношению к неподвижным звездам; таким образом, вполне ясно, что звездная сфера в высшей степени подобна бесконечному, так как по сравнению с ней становится ничтожным даже Великий круг, а все τὰ φαινόμενα наблюдаются не иначе, как если бы Земля находилась в середине вселенной.

Далее, при допущении вышеупомянутых гипотез устанавливаются заслуживающие удивления и вполне достойные как бога творца, так и божественных этих тел соразмерность и связь движений и сфер; но я готов утверждать, что их скорее можно постичь умом (вследствие имеющегося у него сродства с небом), чем выразить какой-нибудь человеческой речью, совершенно так же, как в доказательствах на наши умы производят впечатление не столько слова, сколько совершенные и абсолютные, если можно так сказать, идеи этих увлекательнейших предметов. Однако и при общем рассмотрении этих гипотез можно видеть, насколько оказываются они несказанно стройными и во всем согласованными, не говоря уже о том, что в обычных гипотезах не представлялось никакого предела для измышления сфер, а круги, неизмеримость которых не могла быть воспринята ни чувством, ни разумом, вращались и медленнейшими и быстрейшими движениями. Одни считали, что все нижележащие сферы увлекаются в дневном движении высшим двигателем, но когда относительно этого возникло многое множество споров, то никак не могли установить, по какому именно закону верхняя сфера имеет власть над низшей. Другие же, как Евдокс и его последователи, давали каждой планете собственную сферу, при помощи движения которой она обходила Землю один раз в течение обычных суток. Кроме того, о бессмертные боги, какая драка и тяжба происходит вплоть до настоящего времени относительно места сфер Венеры и Меркурия и их положения относительно Солнца! Эта тяжба и до сих пор еще не разрешена, да и кто же не может видеть, что при допущении общеупотребительных гипотез закончить ее когда-нибудь будет

трудно и даже невозможно. Ведь что может помешать кому-нибудь поместить Сатурн ниже Солнца, сохранив одновременно взаимные отношения сфер и эпицикла, если в этих гипотезах не установлена общая соразмерность планетных сфер друг с другом, на основании которой каждая орбита может быть геометрически поставлена на свое место. Я уже обойду молчанием то, какие потоки высокопарных слов излили извратители этой прекраснейшей и увлекательнейшей части философии относительно
37 величины эпицикла Венеры, а также и то, что при допущении эквантов они считали неравномерными движения небесных сфер вокруг своих
38 собственных центров.

Но в гипотезах господина наставника, где, как было сказано, звездная сфера устанавливалась как предел, каждая планетная сфера, двигаясь равномерно присвоенным ей от природы движением, завершает свое периодическое обращение и не испытывает от более высокой сферы какого-нибудь насилия, заставляющего ее двигаться в противоположном направлении. К этому прибавь, что большие сферы совершают свои обходы медленнее, а более близкие к Солнцу, от которого, можно сказать, исходит начало движения и света, совершают свои круговые движения быстрее, как и следует. Поэтому Сатурн свободно идя своим путем по эклиптике, завершает свой оборот в 30 лет, Юпитер — в 12, Марс — в 2, а центр Земли определяет величину года по отношению к неподвижным звездам. Венера проходит зодиак в 9 месяцев, а Меркурий, окружая Солнце наименьшей сферой, проходит по миру в 80 дней.

Таким образом, существует только шесть окружающих Солнце — середину мира — подвижных сфер, общей мерой которых является несущий Землю Великий круг, так же как радиус земного шара служит общей мерой сфер Луны, расстояния Луны от Солнца и т. д. И кто же смог бы выбрать другое число, более удобное и достойное, чем шестерка? И можно ли было легче убедить смертных, что именно на это число сфер бог, мастер и создатель мира, разделил вселенную? Ведь это число больше всего прославляется и в священных оракулах бога, и у пифагорейцев и остальных философов. Да и что может быть более подходящим для божественного творения, как не заключить это первое и совершеннейшее создание в это первое и совершеннейшее число?

К этому нужно прибавить, что при помощи шести вышеупомянутых подвижных сфер завершается небесная гармония, где все сферы следуют одна за другой по такому закону, что между каждыми двумя сферами не остается громадного промежутка и каждая определенная геометрически сфера сохраняет свое место так, что если ты попробуешь какую-нибудь из них сдвинуть с места, то разрушишь и всю систему.

Наметив эти общие соображения, перейдем к исчислению круговых движений, соответствующих каждой сфере и телам, к ним прикрепленным и на них восседающим. Но прежде всего скажем о гипотезах для движений земного шара, с которым мы тесно связаны.

О том, какие движения соответствуют Великому кругу и с ним связанным. Три движения Земли — суточное, годовое и деклинационное

Господин мой наставник, следуя Платону и пифагорейцам, величайшим математикам того божественного века, решил, что для определения причин τῶν φαινομένων нужно сферическому телу Земли придать круговые движения, и увидел (как свидетельствует и Аристотель), что если Земле дано одно движение, то она может иметь и другие перемещения, как показывает пример других светил; поэтому, рассудил он, следует прежде всего допустить, что Земля должна двигаться тремя наиболее важными движениями.

Во-первых, приняв общее только что описанное расположение мира, он установил, что Земля, заключенная концами своей оси внутри лунной сферы, как шарик в токарном станке, божественным соизволением движется с запада на восток, чем она производит на своем шаре день и ночь, поворачиваясь к Солнцу и представляя смертным иные и иные виды неба.

Во-вторых, центр Земли вместе с присоединенными к нему стихиями и лунной сферой равномерно движется великим кругом, о котором мы уже неоднократно говорили, в плоскости эклиптики в направлении последовательности знаков.

В-третьих, экватор и ось Земли имеют к плоскости эклиптики повора-
чивающееся наклонение и движутся противоположно направлению дви- 39
жения центра, так что где бы центр Земли ни находился, экватор и земные
полюсы всегда будут в точности обращены к одним и тем же частям мира
вследствие такого наклонения земной оси и неизмеримости звездной
сферы.

Это происходит таким образом: при перемещении Великим кругом центра Земли на какое-нибудь расстояние в направлении последовательности знаков следует представлять, что концы земной оси, т. е. ее полюсы, каждый день почти на такое расстояние продвигаются вокруг оси и полюсов против последовательности знаков, описывая малые круги, равноотстоящие от оси и полюсов Великого круга или эклиптики. Если к этим движениям мы прибавим, по мнению господина моего наставника, две либрации полюсов Земли и два движения — одно равномерное, а другое неравномерное, которыми центр Великого круга идет по эклиптике, а также и то, что было сказано выше о движениях Луны вокруг центра Земли, то получим, ученейший господин Шонер, правильную систему гипотез, относящихся к выводу всей теории для всевозможных движений звездной сферы, которую новейшие ученые называют теорией первого движения. При ее помощи мы можем указать причины явлений,

происходивших в течение двух прошедших тысяч лет в движениях и затмениях Солнца и Луны и отмеченных тщательными наблюдениями знатоков; обойдем молчанием то, о чем позднее нам придется говорить подробнее, а именно, какие явления у остальных пяти планет вызываются движением великого круга. В таком небольшом количестве движений и даже как бы в одном круге заключается столь обширная теория явлений.

В теории первого движения менять ничего не приходится. Действительно, по свойству взаимной связи величин определив наибольший наклон, мы таким же способом будем исследовать наклоны остальных частей эклиптики, прямые восхождения, отношения теней и гномонов для всего земного шара, продолжительности дней, косые восхождения, восход и заход светил и т. д. Между рассматриваемыми и древними гипотезами имеется только та разница, что в новых, противоположно предписаниям древних, на звездной сфере никакого круга, кроме эклиптики, собственно говоря, мысленно не описывается. Что же касается остальных, именно экватора, двух тропиков, арктического и антарктического кругов, горизонтов, меридианов и всех других относящихся к теории первого движения — вертикалов, кругов высот, параллелей, колуров и т. д., то они по существу чертятся на земном шаре и затем в каком-то отношении переносятся на небо.

Для явлений, относящихся к Солнцу, кроме видимого суточного вращения вокруг Земли, общего со всеми звездами и остальными планетами, которое Птолемей и новейшие приписывали собственным движениям Солнца, прибавляются еще вследствие перемещения точек равноденствий и солнцестояний, наблюдающиеся изменения расстояний от них звезд, а также движения апогея по отношению к неподвижным звездам. Все это представляется нашему взору совершенно так же, как если бы двигались Солнце и звездная сфера.

То, что светила появляются на востоке, или восходят, мало-помалу подымаются над горизонтом, пока не достигнут меридиана, затем так же опускаются, проходят нижнее полушарие и в сутки заканчивают, как обычно думают, свои суточные обращения — все это имеет достаточно очевидные причины в первом движении, которое господин наставник, следуя Платону, приписал Земле.

А что Солнце кажется нам движущимся по направлению последовательности знаков, описывает в этом движении эклиптику и, как мы уверяем себя, устанавливает время годового течения, то все это может совершаться вследствие второго движения, которое господин наставник присваивает Земле. Действительно, когда Земля, движимая Великим кругом, находится между Солнцем и звездами Весов, то мы, думая, что Земля не движется, полагаем Солнце находящимся в созвездии Овна, так как линия, проведенная из центра Земли и продолженная через Солнце по звездной сфере, попадет на последнюю в созвездии Овна. Далее, когда Земля

будет двигаться по направлению к Скорпиону, Солнце покажется нам идущим к Тельцу и, таким образом, оно проходит зодиак; хотя оно и неподвижно, мы думаем, что такое движение свойственно ему. Звездным годом будет время, в течение которого центр Земли или Солнца в его видимом движении возвращается от какой-нибудь звезды к ней же самой.

Третье движение Земли производит на всем земном шаре точную и упорядоченную смену времен года; действительно, вследствие этого движения кажется, что Солнце и остальные планеты движутся по кругу, наклонному к экватору, и положение Солнца по отношению к отдельным частям Земли будет совершнно таким же, как если бы Земля занимала, согласно гипотезе, центр мира, а планеты двигались по косому кругу.

В самом деле, так как плоскость экватора, вследствие вышеуказанного движения ее полюсов, идет вбок в плоскости эклиптики по отношению к Солнцу и наклоняется, или, как говорят греки, λοξεύεται καὶ ἐγκλίνει, то тот же самый наклон экватора к эклиптике получается почти в тех же самых местах эклиптики, а полюсы суточного вращения всегда находятся как бы в одном и том же положении на звездной сфере. Затем при наибольших отклонениях экватора от плоскости эклиптики у Солнца линия, идущая из центра Солнца к центру Земли, коническим сечением рассекает земной шар, поворачивающийся кругом в суточном вращении и описывает тропики. Далее, когда плоскость экватора более всего наклонена к плоскости эклиптики у Солнца, на всей Земле получается равноденствие, так как вышеупомянутая линия разрезает по экватору земной шар на два полушария.

Таким же образом намечаются на Земле и остальные дневные параллели в зависимости от того, как у Солнца складываются вместе движение вбок и наклонение экватора (или, если воспользоваться словами Птолемея, λόξωσις καὶ ἔγκλισις). Арктический и антарктический круги описываются точками касаний с горизонтами; но полярные круги господина наставника описываются полюсами эклиптики на одинаковых расстояниях вокруг полюсов экватора. Большой круг земного шара, проходящий через экватор и вышеназванные равноотстоящие полюсы эклиптики, будет колуром солнцестояний, а другой круг, пересекающий его в полюсах экватора и образующий сферические прямые углы, займет место колура равноденствий. Таким образом, на Земле в каждом месте описываются соответствующие ему круги или другие в каком угодно количестве, а затем мысленно переносятся на простирающееся вверху небо.

Далее, тогда как по властным указаниям наблюдений земной шар взлетел на окружность эксцентра, а Солнце опустилось в середину Вселенной, а по обычным гипотезам центр эксцентра в наше время находился между центром Вселенной (где по этим гипотезам был и центр Земли) и звездами Близнецов, то по гипотезам господина наставника, наоборот,

центр Великого круга, каким в начале нашего повествования мы считали центр эксцентра, находится между Солнцем — центром Вселенной по учению господина наставника — и звездами Стрельца; линия среднего движения Солнца будет отсчитываться от проходящего через центр Земли диаметра Великого круга. Так как линия, проведенная из центра Земли через центр Солнца до эклиптики, определяет истинное положение Солнца, то нетрудно видеть, почему по традициям Птолемея и новейших ученых Солнце считалось неравномерно движущимся по эклиптике и как геометрически определялся угол неравенства по отношению к среднему движению; когда Земля находилась в верхней апсиде Великого круга, Солнце считалось находящимся на эксцентре в апогее и, наоборот, когда Земля пребывала в нижней апсиде, Солнце наблюдалось в перигее.

Что же касается того, каким образом происходило видимое перемещение неподвижных звезд от точек равноденствий и солнцестояний и как изменялся наибольший наклон Солнца и т. д. (это я в начале повествования вывел из третьей книги господина наставника), то господин наставник получает это при помощи описанного нами вообще деклинационного движения и двух складывающихся друг с другом либраций.

От полюсов, находящихся, как было указано немного раньше, на одинаковых расстояниях от полюсов эклиптики, отсчитывается с обеих сторон по 23 градуса 40 минут большого круга; в этих местах наносятся две точки, определяющие полюсы среднего экватора, и проводятся подходящим образом два колура, отмечающие средние равноденствия и солнцестояния. Для ясности вообразим и начертим их на небольшой содержащей земной шар сфере, от равномерного движения которой получается третье приписываемое Земле движение. Когда центр Земли будет находиться между Солнцем и звездами Девы, произведем обликвацию, или поворот среднего экватора к Солнцу; пусть линия истинного положения Солнца пройдет через общее сечение плоскости эклиптики, среднего экватора и колура, определяющего средние равноденствия, так, чтобы точка среднего весеннего равноденствия была одновременно и точкой истинного весеннего равноденствия, если этого потребует схема движений, как будет ясно из дальнейшего. Пусть от этого места центр Земли будет равномерно двигаться по отношению к звездам, проходя каждый день по 59 минут 8 секунд и 11 терций, а точка среднего весеннего равноденствия пройдет столько же вокруг Земли против последовательности знаков и, двигаясь немного быстрее, опишет угол приблизительно на 8 терций больше; это и будет причиной, вследствие которой, как я сказал немного раньше, деклинационное движение будет почти равным движению центра Земли по отношению к неподвижным звездам.

Но так как угол, вычерчиваемый точкой среднего весеннего равноденствия около центра Земли, будет увеличиваться (согласно уже установленному правилу), то еще до возвращения центра Земли в точку эклип-

тики, из которой он вышел, линия истинного положения Солнца уже попадет в точку среднего равноденствия, так что звезды покажутся нам движущимися некоторым средним или равномерным движением в направлении последовательности знаков в соответствии с величиной предварения. Это предварение, как я уже сказал в начале, составляет приблизительно 50 секунд в один египетский год и за 25 816 египетских лет вырастет в полный оборот.

Таким образом, теперь уже ясно, что такое среднее равноденствие и равномерная прецессия, и это может быть наглядно показано при помощи описанной как бы механической модели.

О либрациях

Пусть *ab* будет [см. рис., стр. 166] прямая линия длиной, например, в 24 минуты; разделим ее на две равные части в точке *d*; затем, поместив одну ножку циркуля в *d*, опишем круг *ce* радиусом *dc*, равным 6 минутам (т. е. четвертой части) и направленным к *a*. Затем из другой материи сделаем такой же величины два кружочка (будем их так пока называть) и соединим их так, чтобы один был наложен на окружность другого и мог бы свободно двигаться вокруг своего центра. Назовем первым тот, который несет другой на своей окружности; прикрепим его в центре линии *ab* к точке *d*, и центр второго кружочка обозначим буквой *f*, а на его окружности обозначим буквой *h* какдую-нибудь взятую произвольно точку. Если точка *h* второго кружочка будет приложена к концу *a* взятой прямой, а точка *f* — к точке *c* той же линии и в то же время точка *h* опишет в одну сторону вокруг центра *f* угол, вдвое больший того угла, который *f* опишет в другую сторону вокруг *d*, то ясно, что за время оборота первого кружочка точка *h* пробежит два раза линию *ab*, а второй кружочек сделает два оборота. При таком вычерчивании прямой линии при помощи сложения двух круговых движений точка *h* будет медленнее всего двигаться около концов *a* и *b*, а быстрее всего в середине около *d*; такое движение точки *h* по прямой *ab* господину наставнику угодно было назвать «либрацией», ибо оно походит на то колебательное движение, которое совершают в воздухе подвешенные тела. Это движение называют также движением по диаметру, ибо, если вообразить круг, у которого *d* будет центром, а *ab* — диаметром, то в результате сложения движений обоих кружочков положение точки *h* на диаметре *ab* определится из теории хорд; так составляется таблица простаферезов.

Движение первого кружочка вокруг *d* наставник называет аномалией, ибо этим движением определяется простаферез. Так, центр *f* второго кружочка, выходя из точки *c* и двигаясь по окружности первого влево, опишет угол *cdf*, равный, например, 30 градусам, а прямая *dfg*, проведенная

из центра d до окружности круга ab, отсечет дугу ag во столько же градусов, подобную дуге cf первого круга; так как точка h второго круга, двигаясь из g направо, шла вдвое быстрее, то проведенная из g до h прямая линия, очевидно, будет полухордой удвоенной дуги ag, а hd — полухордой удвоенной дуги, дополняющей ag до четверти круга. Поэтому ah будет равна 1340 частям, каких в радиусе содержится 10 000; на такое расстояние h и будет отстоять от a по диаметру ab. Если мы предположим ab равной 60, то ah будет равно 4, а hb равна 56; взяв соответствующую пропорциональную часть от 24, мы найдем, в каком месте нашей прямой будет находиться точка h.

Так вот, выяснив это παχυτέρᾳ, конечно, μούσῃ (грубоватой музой), уже легко поймем, как изменяется наибольшее склонение экватора к плоскости эклиптики и как становится неравномерным истинное предварение равноденствий. Так как более короткие дуги ничем чувствительно не отличаются от прямых линий, вообразим сначала, что в точке d находится северный полюс среднего экватора. Затем линия ab пусть будет дугой колура, определяющего солнцестояния; точка b, расположенная между северным полюсом среднего экватора и ближайшим полюсом из находящихся на одинаковых расстояниях от полюсов эклиптики, будет поэтому пределом для наименьшего расстояния полюса суточного вращения Земли от полюса эклиптики, как было сказано, а a расположена между тем же северным полюсом среднего экватора и плоскостью эклиптики, давая, таким образом, наибольшее удаление земного полюса от полюса эклиптики. Поместив затем подходящим образом на линии ab два кружочка, мы определяем, какую часть линии ab, равной 24 минутам, в сложном движении двух кружочков прочертил находящийся в настоящее время в точке h северный полюс Земли; при помощи такого же механизма, сохраняя закон противоположности, будет двигаться и южный полюс, когда подвешенный мир изменяет наибольший наклон.

Предположим, что первый кружочек совершает полный оборот в 3434 египетских года и начальной точкой для движения аномалии будет точка a окружности круга, диаметр которого описывается в первой либрации. Тогда каждому сейчас же будет ясно, что если бы земные полюсы имели бы только эту либрацию, то они не отходили бы от колура, определяющего средние солнцестояния, так что в подобном движении земных полюсов менялся бы только угол наклона плоскости истинного экватора к плоскости эклиптики, а именно уменьшался при движении от a через d и b и, обратно, возрастал при совершении второго круга обращения от b через d к a; вследствие этого не замечалось бы никакой неравномерности в предварении равноденствий.

Но так как из наблюдений твердо установлено, что истинные равноденственные точки удаляются в обе стороны от средних равноденственных точек на 70 минут при максимальном простаферезе, а изменение наклон-

ности имеет по отношению к этому вдвое больший период, то господин наставник решил, кроме первой, ввести и другую, меньшую либрацию, вследствие которой земные полюсы будут отклоняться в стороны от колура, определяющего средние солнцестояния, чтобы в этой второй либрации дуга *adb*, или замещающая ее прямая, вместе с определяющим средние солнцестояния колуром образовала четыре прямых угла.

Пусть на севере *a* будет находиться с правой стороны мира, а *b* — с левой, на юге же *a* — с левой, а *b* — с правой, и пусть *d* этой либрации, двигаясь через точки *h* первой либрации, будет описывать по 24 минуты в обе стороны от линии *adb*. Предположим, что к точкам *h* этой либрации будут прикреплены полюсы Земли, и пусть в полученных предельных точках *a* и *b* этой второй либрации они будут отклоняться от вышеупомянутого колура только на 28 минут, ибо при нахождении полюсов в указанных местах колур, определяющий истинные солнцестояния, образует с колуром, определяющим средние солнцестояния, угол, не превышающий заметно 70 минут.

Но так как простаферезы прецессии должно брать по отношению к средней точке весеннего равноденствия, то господин наставник ввел вторую либрацию, как будто бы она совершалась истинной точкой весеннего равноденствия по отношению к средней, ибо таким образом облегчается нахождение простаферезов. Поэтому пусть линия *ab* будет иметь длину 140 минут и расположена так, чтобы соответствовать северной линии второго колебания, точка *d* будет находиться в точке среднего весеннего равноденствия, а *h* займет место точки истинного равноденствия; пусть радиус каждого из кружочков равен 35 минутам. Кроме того, границей, от которой считается начало движения, будет точка среднего весеннего равноденствия, а точка истинного весеннего равноденствия будет выходить из нее направо к *a*. Аномалия же отсчитывается от верхней точки круга, диаметр которого описывается точкой истинного весеннего равноденствия; эта верхняя точка определяется средним колуром солнцестояний на северной части окружности упомянутого круга. И так как за время одного восстановления наклона неравенство прецессии возвращается два раза, то аномалия этой второй либрации завершает свой период в 1717 египетских лет. Поэтому взятая из таблиц аномалия наклона после ее удвоения дает аномалию прецессии; первая называется простой, вторая же — удвоенной.

Если брать только эту вторую либрацию, то угол наклона плоскости истинного экватора к эклиптике, очевидно, не будет меняться, что, конечно, достойно замечания. Все происходящие вследствие этого изменения будут замечаться только в неравенстве предварения равноденствий, при одновременном же существовании обеих либраций полюсы Земли вследствие указанного взаимодействия обоих движений опишут около полюсов среднего экватора фигуры перекрученных венчиков.

Когда земные полюсы попадут на колур, определяющий средние солнцестояния, то истинный колур будет лежать в одной плоскости со средним и истинная точка весеннего равноденствия совпадет со средней; однако плоскости экваторов и колуров, определяющих как истинные, так и средние солнцестояния и равноденствия, совпадут целиком только тогда, когда соединятся полюсы обоих экваторов. Если же северный полюс находится между точкой d второй либрации и правым пределом a, а южный будет в противоположной точке, то истинное равноденствие будет следовать за средним и Солнце сначала попадет на средний экватор, а потом уже на истинный. Если же земные полюсы перейдут на противоположные стороны мира, так что северный полюс станет влево от колура средних солнцестояний, а южный займет правую сторону, то истинное равноденствие будет предшествовать среднему и Солнце скорее попадет на истинный экватор, чем на средний. Если земные полюсы будут двигаться от a к b, так что истинное равноденствие как бы пойдет навстречу Солнцу, то относимый к равноденствиям год будет вследствие этого убывать; при движении от b к a, когда истинное равноденствие как бы убегает от Солнца, относимый к равноденствиям год будет возрастать; когда же полюсы Земли будут находиться вблизи d, то чувствительное увеличение или уменьшение года будет замечаться в течение меньшего количества лет.

Так как видимое движение неподвижных звезд связано с величиной года, считаемого по равноденствиям, то в таком же точно отношении будет замечаться более быстрое или более медленное удаление точек солнцестояний и равноденствий от неподвижных звезд в направлении против последовательности знаков.

Что касается солнечного апогея, то все приведенные в начале заключения, полученные нами из наблюдений согласно теории господина моего наставника, а именно относительно расстояния точки весеннего равноденствия от апогея, теперь уже становятся достаточно ясными; движение самого апогея по эклиптике зависит от движения центра малого круга, а также перемещения центра Великого круга по окружности малого круга. Диаметр Великого круга, или эклиптики, проходящий через центры Солнца и малого круга, представляет линию средних апсид Солнца, а диаметр, проходящий через центры Солнца и Великого круга, будет линией истинных апсид. И как центр Великого круга находится между Солнцем и тем местом эклиптики, где Солнце, как думают, находится в перигее, так и центр малого круга расположится между Солнцем и местом среднего перигея

Во времена Птолемея линия истинных апсид с обеих сторон определялась местом видимого апогея на 57 градусах 50 минутах от первой звезды Овна и местом перигея на 237 градусах 50 минутах, линия же средних апсид была на 60 градусах 16 минутах и в противоположной точке на 240

градусах 16 минутах. Центр Великого круга ушел от точки малого круга, находящейся в наибольшем расстоянии от Солнца, приблизительно на $21^1/_3$ градуса против последовательности знаков; именно такую величину в то время имела простая аномалия, или аномалия наклона. Но в равномерном движении центра малого круга около центра Солнца, а также центра Великого круга по окружности малого, верхняя апсида Солнца во время произведенного господином наставником наблюдения была усмотрена на 69 градусах 25 минутах от первой звезды Овна. И так как в это время простая аномалия равнялась почти точно 165 градусам, а простаферез был определен приблизительно в 2 градуса 10 минут, то центр малого круга установил место среднего перигея между Солнцем и 251 градусом 35 минутами. Кроме того, эксцентриситет Великого круга, или, если угодно, эксцентра Солнца, который у Птолемея составляет $^1/_{24}$ часть радиуса Великого круга, в наше время стал равным примерно $^1/_{31}$ части, как показывают наблюдения и как при помощи математики легко выводится из установленных господином наставником гипотез.

Теперь уже нетрудно будет понять, как, вследствие движения центра Великого круга по малому кругу, будут меняться эксцентриситеты пяти планет, на что мы указали в числе причин для обновления гипотез. Так как при исследовании движений пяти планет прежде всего нужно обращать внимание на два обстоятельства, а именно каким образом и на сколько происходит приближение или удаление центра Земли к центрам планетных деферентов, а также в каком отношении это приближение или удаление стоит к той величине, которую имеет радиус деферента какой-нибудь планеты, то уже нет надобности дальше искать причины этого.

Для Сатурна даже весь диаметр малого круга совершенно незаметен по отношению к радиусу его деферента вследствие того, что эта планета движется первой под звездной сферой; поэтому наблюдения не смогли установить никакого изменения эксцентриситета Сатурна.

Затем, так как апогей Юпитера находится почти на четверти окружности от солнечного апогея, то в настоящее время не замечается никакого заметного изменения его эксцентриситета от движения центра Великого круга, хотя отношение диаметра малого круга к величине радиуса его орбиты имеет значительную и доступную наблюдениям величину. Это является также причиной того, что у Меркурия тоже не замечается никакого изменения эксцентриситета, так как его апогей находится на подобном же расстоянии от солнечного.

Апогей Марса отстоит влево от апогея Солнца приблизительно на 50 градусов, а апогей Венеры — вправо на 42 градуса. Таким образом, центры деферентов находятся в местах, удобных для того, чтобы можно было заметить изменение, а так как диаметр малого круга имеет заметное отношение к орбите каждой из этих планет, то из наблюдений этих двух планет господин наставник при помощи науки о треугольниках нашел

41 что вследствие приближения центра круга к Солнцу эксцентриситет Марса уменьшился на $^1/_{42}$ часть, а Венеры — на $^1/_5$.

Для того чтобы каждое из присущих Земле движений не казалось недостаточно засвидетельствованным, промыслом τοῦ σοφοῦ δημιουργοῦ (мудрого творца) было сделано так, что любое движение ясно обнаруживается одинаково и у всех планет в их видимых движениях, благодаря чему оказалось возможным удовольствоваться немногими движениями для πλειόνεσι τοῖς φαινομένοις (большинства явлений) природы. Поэтому движение центра Великого круга имеет значение не только для Солнца и окружающих его планет, но и для затмений Луны. Действительно, если Птолемей установил, что наибольшее расстояние Солнца от Земли составляет 1210 частей, равных радиусу Земли, а ось тени — 268 таких же частей, то господин наставник показывает, что в наше время наибольшее удаление Солнца от Земли равно 1179 частям, а ось конуса тени — 265 частям.

Впрочем, все то, что связано с движениями и затмениями обоих этих светил и должно быть снова продумано вследствие изменения гипотез, я полагаю, следует сохранить для следующего за этим Второго повествования.

Вторая часть гипотез о движениях пяти планет

Считая достойным удивления построение этих новых гипотез господина моего наставника, я довольно часто, ученейший господин Шонер, вспоминаю изречение того платоника, который, указав предъявляемое
42 астроному требования, кроме того добавил ὡς οὐ κἂν ῥαδίως ποτὲ πᾶσα φύσις ἱκανὴ γένοιτο θεωρῆσαι μὴ θαυμαστῆς μετέχουσας (что это нелегко смогло бы узреть любое существо, непричастное свойствам чудесной природы).

Когда я был у тебя в прошлом году и ознакомился с трудами твоими и других ученых мужей по исправлению движений, данных нашим Региомонтаном и его учителем Пурбахом, то я впервые начал понимать, каким большим и сопряженным с громадным трудом предприятием будет возвратить астрономию, эту царицу математики, в ее дворец и восстановить образ ее правления. Но после того, как я по изволению божьему сделался созерцателем и свидетелем таких трудов, которые с бодрым духом выдерживает и большей частью даже преодолел господин доктор, учитель мой, то я вижу, что не представлял себе даже и тени столь большой работы. Ведь громада этих трудов такова, что не всякий герой сможет их нести и наконец преодолеть. Поэтому я мог бы поверить сказанному древними, что Геркулес, рожденный вышним Юпитером, все же, не доверяя силе своих плеч, снова возложил небо на Атланта, который благодаря долговременной привычке, крепкий духом и не ослабевающий силами, выполнял это дело с тех самых пор, как впервые его начал.

Кроме того, божественный Платон, глава мудрости по словам Плиния, совершенно ясно говорит в «Послесловии к законам», что астрономия была изобретена под руководством бога. Может быть, другие станут толковать иначе это изречение Платона, но я ведь вижу, как господин доктор, наставник мой, наблюдения всех времен вместе со своими собственными всегда имеет перед глазами, собранные в полном порядке, как бы в указателях, а если понадобится что-нибудь или установить, или превратить в практические правила, он идет от первых произведенных наблюдений вплоть до своих собственных и обдумывает, как их согласовать; затем, получив под руководством Урании правильные выводы, он возвращается к гипотезам Птолемея и древних и, наконец, обдумав с величайшей тщательностью, убеждается в силу астрономической ἀνάγκη (необходимости) в том, что их нужно отбросить и принять новые гипотезы, не без некоторого божественного вдохновения и соизволения богов. С помощью математики он из них геометрически получает добрые следствия, какие можно вывести; затем с принятыми гипотезами согласует наблюдения древних и свои собственные, и только тогда, выполнив все эти труды, он выводит астрономические законы. Поэтому, я полагаю, что именно в этом смысле нужно понимать Платона, когда он говорит, что математика, исследующего движения светил, лучше всего можно уподобить слепому, которому предстоит только при помощи посоха совершить великий, неизмеримый и скользкий путь, да еще сопряженный с бесчисленным множеством уклонений.

Что же произойдет? Двигаясь осторожно некоторое время, ощупывая своим посохом дорогу, он иногда, опершись на него, будет в отчаянии призывать небо, землю и всех богов прийти к нему, несчастному, на помощь. Бог, конечно, позволит ему некоторое число лет испытывать свои силы, дабы он понял, наконец, что при помощи своего посоха невозможно избавиться от предстоящей опасности. Наконец, когда он уже совсем будет отчаиваться, бог, сжалившись над ним, протянет руку и доведет его до желанной цели. Посохом астроному служит математика, или геометрия, при помощи которой он осмеливается ощупывать свою дорогу и продолжать идти по ней.

Ведь для ближайшего исследования столь от нас удаленных этих божественных вещей силы человеческого разума будут все равно, что затуманенные очи. И если бог не придаст ему по своему благоволению героических стремлений и не поведет своей рукой по пути вообще недоступному для человеческого разума, то я не думаю, чтобы астроном был чем-нибудь лучше или счастливее этого слепого, в особенности, если он, полагаясь на свой разум и воздавая божеские почести упомянутому посоху, поздравит когда-нибудь себя с тем, что он вывел из преисподней саму Уранию. Правильно оценив дело, он не сочтет себя счастливее Орфея, который, приплясывая, подымался из Аида и думал, что его Евридика

следует за ним, но, дойдя до берегов Аверна в полной надежде, что она уже принадлежит ему, увидел, что она ускользнула от его очей и снова скрылась в преисподней.

Поэтому мы поразмыслим, как уже начали, над гипотезами господина доктора, моего наставника, относящимися к другим планетам, чтобы убедиться, удалось ли ему силою своего духа вывести под божественным руководством на свет Уранию и восстановить ее в достойном положении.

Может быть, кто-нибудь и сумеет ускользнуть от этого вывода касательно движения Земли, связанного с видимыми движениями Солнца и Луны (хотя я не могу себе представить, как ему удалось бы характерные черты прецессионного движения перенести на сферу звезд), но что касается видимых движений остальных планет, то, если бы кто-нибудь захотел сосредоточить свое внимание на основной цели астрономии, на числовых соотношениях и согласии системы орбит, или на легкости и изяществе, с которыми выясняются причины видимых движений, то ни при каких других гипотезах он не смог бы удобнее и правильнее показать, до какой степени изящно все это связывается между собой как бы золотой цепью и как каждая из планет своим положением в общем ряду и всей неравномерностью своего движения свидетельствует о том, что Земля движется, а мы, прикрепленные к земному шару, вследствие изменения его положений думаем, что планеты движутся разнообразными им принадлежащими движениями. И если бы можно было в чем-нибудь видеть, что бог предоставил мир нашим словопрениям, то это, конечно, в рассматриваемом случае.

Я полагаю, никого не может смутить то, что бог позволил Птолемею и другим выдающимся мужам в этой области различествовать во мнениях, ибо все это не относится к тому разряду мнений, которые Сократ в «Горгии» назвал опасными для человечества. Отсюда не последует никакой разрухи ни для самой науки, ни для получающихся на ее основании предсказаний.

Всю неравномерность движений, которую древние замечали по отношению к Солнцу у трех верхних планет, они относили на счет принадлежащих этим планетам эпициклов. После этого, заметив, что остающаяся у этих планет видимая неравномерность никак не может получаться от одного лишь эксцентрического круга, а вычисления их движений, сделанные по образцу гипотез для Венеры, совпали с опытом и наблюдениями, они сочли возможным предположить, что причина видимого второго неравенства та же, которая, как они заключили, имеется в построениях движений Венеры, а именно, что у каждой планеты, как у Венеры, центр эпицикла движется, оставаясь на одинаковых расстояниях от центра эксцентрического круга, но равномерность движения получается лишь по отношению к центру экванта; к этой точке нужно относить и саму планету, в ее собственном равномерном движении по эпициклу, выходящем из

среднего апогея. Однако если Венера совершает свои обращения, двигаясь собственным и особым движением по эпициклу, а по отношению к эксцентру идет средним движением Солнца, то верхние планеты, наоборот, в своих движениях по эпициклу связаны с Солнцем, а по эксцентру перемещаются своими собственными особыми движениями; такой конструкции требовали сами наблюдения, поскольку древние стремились удержать Солнце в середине мира.

Затем, в теории Меркурия, кроме того, что по их суждениям было достаточным для «сохранения явлений» у Венеры, они сочли необходимым принять иное положение экванта, а также заставить центр вращения эпицикла совершать обороты по небольшому кругу.

Все это, конечно, остроумно, как большая часть изобретений древних, и достаточно хорошо согласуется с видимыми движениями, если мы допустим, что небесные круговые орбиты по отношению к своим собственным центрам могут иметь неравномерность (против чего, однако, восстает природа), а также будем считать, что для каждой из этих пяти планет первая и наиболее заметная неравномерность движения будет как бы собственно ей принадлежащей (хотя ясно, что она проявляется у них лишь по акциденции).

Что касается широт планет, то, по-видимому, древние пренебрегли и той ἀξίωμα, что все движения небесных тел являются круговыми или складываются из круговых, если только, как немного раньше было сказано о деклинационном движении Земли, кто-нибудь не захочет считать, что рефлексии и деклинации Венеры и Меркурия совершаются именно так и не будет при помощи либрационного движения объяснять деклинации эпициклов у трех верхних планет и девиации у нижних. Это, конечно, допустимо для рефлексий и деклинаций у Венеры и Меркурия, поскольку углы наклона их и плоскостей эксцентров и эпициклов остаются везде одними и теми же; что же касается деклинаций эпициклов у трех верхних планет и девиаций у Венеры и Меркурия, то возможность их осуществления при помощи либраций отвергается простым расчетом.

Если говорить только о девиациях, то пропорциональные минуты, при помощи которых мы вычисляем девиации для положений центра эпицикла вне узлов и апсид, определяются и устанавливаются таким же методом, как и склонения градусов эклиптики в теории первого движения; так получается, что при нахождении центра эпицикла Венеры на 60 градусе от какой-нибудь из апсид эксцентра девиация для Венеры будет равна 5 минутам, а для Меркурия — $22^1/_2$. Если же предположить, что девиации деферента совершаются при помощи либраций, то в рассматриваемом положении эпицикла истинные соотношения требуют для Венеры девиации не более $2^1/_2$ минут, а для Меркурия — $11^1/_4$. Действительно, в этом положении центра эпицикла угол наклона плоскости эксцентра к эклиптике по свойствам либрационного движения получается не более 5 минут для Ве-

неры и соответственно $22^{1}/_{2}$ для Меркурия. Может быть, именно поэтому
Иоанн Региомонтан полагал необходимым напомнить учащимся, что вы-
43 числения широт являются только приблизительными.

Наконец, поскольку люди, как свидетельствует во многих местах Аристотель, стремятся по своей природе к познанию, то неужели не тяжко, что причины τῶν φαινομένων, может быть, ни в какой другой области не являются такими запутанными, или как бы покрытыми Киммерийским мраком, о чем свидетельствует нам и сам Птолемей, даже если о гипотезах древних относительно этих пяти планет мы будем говорить только, что необходимо для перечисления этих новых (если можно так выразиться) гипотез и сопоставления их с древними.

Со своей стороны, я совершенно одинаково ценю как Птолемея и его
последователей, так и господина наставника, ибо у меня всегда перед гла-
зами и в памяти остается священное правило Аристотеля: φιλεῖν
44 μὲν ἀμφοτέρους, πείθεσθαι δὲ τοῖς ἀκριβεστέροις (уважать должно обе
стороны, следовать же лишь более точным), хотя не знаю как, но чувствую,
что склоняюсь к гипотезам господина наставника. Может быть, это от-
части происходит по той причине, что я теперь уже правильнее понимаю то
сладчайшее наставление, которое, вследствие его важности и истинности,
приписывается Платону: τὸν θεὸν ἀεὶ γεωμετρεῖν (бог всегда занимается
геометрией), а отчасти потому, то в произведенном господином наставни-
ком обновлении астрономии как бы после рассеяния мрака при ясном небе
я, как говорят, обоими глазами созерцаю мощь мудрейшего изречения
Сократа в Федре: ἐάν τέ τινα ἄλλον ἡγήσομαι δυνατὸν εἰς ἓν καὶ ἐπὶ πολλά
45 πεφυκότα ὁρᾶν: τοῦτον διώκω κατόπισθε μετ' ἴχνιον, ὥστε θεοῖο (если
я найду кого-нибудь другого способным обозревать разом единое и
многое, то я последую за ним по стопам, как за богом).

Гипотезы о движении пяти планет по долготе

Итак, после того как господин мой наставник подтвердил все сказанное до сих пор относительно движения Земли, то выходит (как мы уже сказали, перечисляя причины для обновления гипотез), что вся неравномерность видимого движения планет, которая замечается у них παρὰ τοὺς πρὸς τὸν ἥλιον σχηματισμοὺς (в зависимости от их положения относительно Солнца), происходит от годового движения Земли по Великому кругу, так что в действительности планеты движутся с одним только вторым неравенством, которое наблюдается по отношению к градусам зодиака. Таким образом, для планет подходят только те гипотезы, которыми можно объяснить оба неравенства движений. Хотя для Луны господин наставник предпочел пользоваться эпициклом на эпицикле, однако для более удобного выяснения порядка и меры движений трех верхних планет он выбрал

эксцентры, соединенные с эпициклами, а для Венеры и Меркурия — эксцентр с эксцентром.

Но так как мы на движения трех верхних планет смотрим как бы снизу из центра Земли, а на вращения нижних — как бы сверху вниз, то вполне естественно сначала отнести центры планетных орбит к центру Великого круга, а затем уже все движения и видимые положения как можно правильнее перенести к центру Земли. По этой причине для пяти планет в качестве эксцентра нужно понимать такой, центр которого находится вне центра Великого круга.

Чтобы правильнее уразуметь сущность построения новых гипотез и получить небольшую ясность и полную очевидность, предположим сначала, что плоскости эксцентров пяти планет лежат в плоскости эклиптики, а центры деферентов и эквантов находятся вблизи центра Великого круга, подобно тому как по представлению древних они находились вблизи центра Земли. Далее разделим на четыре равные части расстояния между центром Великого круга и точками, или центрами эквантов. Затем для каждой из трех верхних планет поместим центр эксцентра на третье деление от центра Великого круга по направлению к апогею и радиусом, равным четвертой остающейся части, опишем на окружности эксцентра эпицикл; таким образом появится весь механизм собственного движения каждой планеты по долготе.

Итак, по мнению господина моего наставника, в верхней части окружности этого эпицикла планета будет двигаться в направлении последовательности знаков, а в нижней — против последовательности, так что при нахождении центра эпицикла в апогее эксцентра сама планета оказывается в перигее своего эпицикла и, обратно, при положении центра эпицикла в перигее эксцентра планета занимает апогей эпицикла. Вследствие подобия этих движений планета совершает свои периодические движения по эпициклу и одинаковое время с обращением центра эпицикла по эксцентру; отсюда ясно, что после устранения эквантов неравномерное движение верхних планет по отношению к центру Великого круга делается правильным и составляется из равномерных. Выбранный таким образом эпицикл начинает выполнять службу экванта, и эксцентр вокруг своего центра и планета на эпицикле вокруг центра того эпицикла, к которому она прикреплена, будут в одинаковое время описывать одинаковые углы.

Движение же Венеры определяется следующим образом. Отбросив деферент, место которого занимает Великий круг, описываем вокруг третьего деления малый круг радиусом, равным четвертой остающейся части. После этого центр эпицикла Венеры, называемого здесь эксцентром эксцентра, или вторым и подвижным эксцентром, заставляем двигаться по окружности упомянутого малого круга так, чтобы при попадании центра Земли на линию апсид центр эксцентра всякий раз нахо-

дился в той точке малого круга, которая будет ближе всего к центру Великого круга; когда же Земля на своей орбите будет находиться посередине между двумя апсидами, то центр эксцентра Венеры окажется в той точке малого круга, которая больше всего удалена от центра Великого круга и будет двигаться в ту же сторону что и Земля, именно в направлении последовательности знаков, совершая, однако, как вытекает из сказанного, два оборота за время одного оборота Земли.

А у Меркурия характер движений соответствует тому, который принят в теории Венеры, но только, кроме того, добавляется эпицикл, диаметр которого планета описывает колебательным движением вследствие остаточного неравенства. Чтобы увязать это с движением Земли, радиус подвижного деферента принимается равным 3573 частям, эксцентриситет первого деферента — 736 частям, радиус малого круга, на котором находится движущийся центр деферента — 211 частям и диаметр упомянутого эпицикла — 380 частям, если расстояние от центра Великого круга до центра Земли принять равным 10 000. Для самого же движения принимается такой закон, чтобы, противоположно тому, что было у Венеры, при нахождении Земли на линии апсид планеты центр подвижного эксцентра находился на наибольшем расстоянии от центра Великого круга и, наоборот, подходил бы к нему на наименьшее расстояние, когда Земля бывает на расстоянии четверти круга от апсид планеты. Из этого ясно, что планета будет иметь неподвижный эпицикл и по его диаметру, направленному к центру подвижного деферента, сама будет двигаться прямолинейно колебательным движением, сохраняя такую закономерность, чтобы при нахождении центра подвижного эксцентра на наибольшем расстоянии от центра Великого круга планета занимала перигей своего эпицикла, являющийся нижним концом описываемого ею диаметра. Наоборот, в другом конце, который можно назвать апогеем, планета бывает, когда тот же самый центр подвижного эксцентра находится на ближайшем расстоянии к центру Великого круга.

Что же касается движения планетных апсид, а равным образом и коечего другого, то все это остается до другого повествования.

Это приблизительно и составляет всю сущность гипотез для представления полной собственной неравномерности движения планет по долготе. Если бы глаз наш находился в центре Великого круга, то выходящие из него к планетам лучи зрения, или линии истинных положений, продолженные за планеты до звездной сферы, двигались бы вокруг эклиптики по совершенно тем же законам, какие потребовались бы соотношениями движений и вышеупомянутых кругов для выявления на зодиаке присущих планетам неравномерностей. Но так как мы, обитатели Земли, с нее наблюдаем видимые движения небесных тел и относим эти видимые движения к ее центру, как к основанию и самой внутренней части нашего жилища, то из этого центра проводим через планеты прямые линии, слов-

но перенося глаз из центра Великого круга в центр Земли; ясно, что исходя из этого и должно подсчитывать неравномерности всех видимых нами τῶν φαινομένων. Если бы мы захотели определить истинные неравенства, присущие планетным движениям, то это, как было сказано, следовало произвести при помощи прямых, выходящих из центра Великого круга.

Однако чтобы лучше разобраться в том, что еще остается перечислить ἐν τοῖς φαινομένοις планет, и чтобы все рассмотрение было более легким и приятным, будем воображать не только прямые линии видимых истинных движений, проводимые из центра Земли через планеты до эклиптики, но и прямые из центра Великого круга, которые собственно и называются линиями неравномерности движения.

Итак, когда Земля, движущаяся по Великому кругу, придет в такое положение, что окажется на одной прямой между Солнцем и какой-нибудь из трех верхних планет, то планета будет представляться нам восходящей вечерним восходом; так как Земля тогда будет наиболее близкой к планете, то древние и предположили ее в наиболее близком к Земле положении находящейся около перигея своего эпицикла. Когда же Солнце будет приближаться к линии истинного и видимого положений планеты, что будет, когда Земля дойдет до места, прямо противоположного вышеупомянутому, то планета начнет исчезать вечерним заходом и будет находиться в наибольшем от Земли расстоянии, так как линия истинного положения планеты проходит через центр Солнца, а при нахождении Солнца между Землей и планетой последняя будет скрываться; после этого покрытия, когда, вследствие непрерывного движения Земли, линия истинного положения Солнца будет отходить от линии истинного положения планеты, последняя станет замечаться восходящей утренним восходом, по достижении такого расстояния от Солнца, какое будет требоваться соответствующей дугой видимости. 46

Далее, так как в гипотезах относительно трех этих планет Великий круг служит заменой эпицикла, приписывавшегося древними каждой из этих планет, то на диаметре Великого круга, продолженном до планеты, будет находиться истинный апогей или перигей планеты по отношению к Великому кругу. Средние же апогей и перигей находятся на диаметре Великого круга, движущемся параллельно линии, проведенной из центра эксцентрического круга до центра эпицикла; когда Земля на обращенной к планете полуокружности будет приближаться к планете или же на противоположной полуокружности — уходить от нее, то в первом случае концы диаметров Великого круга укажут перигеи, а во втором — апогеи, так как упомянутая полуокружность замещает в первом случае нижнюю часть эпицикла, а во втором — верхнюю.

Представь себе положение, близкое к соединению Солнца и планеты; пусть центр Земли находится в истинном положении апогея планеты

(по отношению к Великому кругу), а линия собственной аномалии планеты совпадает с линией видимого места планеты. Когда Земля в своем движении будет уходить от этого места, то линия собственной аномалии и линия истинного положения планеты начнут пересекаться в теле планеты; одна линия, продолжая свое правильное неравномерное движение, пойдет в направлении последовательности знаков, а другая, удаляясь от первой в противоположную сторону, покажет нам, что планета пойдет по эклиптике быстрее, чем если бы в действительности она двигалась собственным движением. Когда же Земля дойдет до части Великого круга, ближайшей к планете, последняя от этого места повернет против последовательности знаков, так что отсюда видимое продвижение планеты покажется нам более медленным.

Далее, так как Земля будет подниматься к планете, то линия истинного движения Солнца будет уходить вперед от планеты и последняя покажется приближающейся к нам, как бы нисходящей с более возвышенного места. Однако планета будет казаться нам имеющей прямое движение до тех пор, пока центр Земли относительно планеты не дойдет до такого места на Великом круге, где угол дневного отступления линии истинного положения против последовательности знаков окажется равным углу дневного движения линии собственной аномалии в направлении последовательности знаков. В этом месте, вследствие взаимного уничтожения двух движений, планета покажется нам находящейся в ее первом стоянии в течение нескольких дней в зависимости от отношений Великого круга к эксцентру рассматриваемой планеты, положения самой планеты на ее орбите и скорости собственного ее движения.

Затем, когда начиная от этого места Земля будет приближаться к планете, мы будем считать планету идущей попятным движением против последовательности знаков, так как упомянутое выше отступание будет заметно превышать собственное движение планеты; это будет до тех пор, пока Земля не достигнет истинного перигея планеты по отношению к Великому кругу, где планета будет находиться в середине ее попятного движения, в противостоянии Солнцу и ближайшем к Земле положении. Когда здесь будет находиться Марс, то, кроме обычного смещения, зависящего от Великого круга, или различия в аспекте, он будет иметь еще и другое различие в аспекте, вследствие заметной величины отношения
47 радиуса Земли к его расстоянию, как об этом свидетельствуют тщательные наблюдения.

Наконец, когда Земля будет уходить в направлении последовательности знаков от этого, так сказать, центрального соединения с планетой, то отступательное смещение против последовательности будет уменьшаться в таком же отношении, как ранее возрастало, пока опять, в результате компенсации обоих движений, планета не остановится во втором стоянии. После этого, поскольку собственное движение планеты бу-

дет превышать смещение от движения Земли, движение будет прямым, пока планета не появится в среднем месте ее прямого движения, а Земля опять не займет истинный апогей планеты, из которого мы ее вывели, и даст нам по порядку все вышеупомянутые явления для каждой из планет.

В этом заключается первая польза Великого круга для исследования планетных движений; она позволяет нам избавиться от трех больших эпициклов для Сатурна, Юпитера и Марса. То, что древние называли аргументом планеты, господин наставник называет параллактическим движением планеты, так как при его помощи мы вычисляем явления, происходящие от движения Земли по Великому кругу; ясно, что эти явления по отношению к Великому кругу представляют то же, что для Луны параллакс, получающийся вследствие отношения радиуса Земли к лунным орбитам. Если у какой-нибудь планеты отнять движение центра эпицикла от равномерного движения Земли, которое одновременно будет и средним движением Солнца, то разность даст нам равномерное параллактическое движение; оно отсчитывается от среднего апогея, от которого также равномерно удаляется и Земля; отсюда легко получается истинное и видимое движение каждой планеты по эклиптике при помощи составленных господином наставником таблиц планетных простаферезов.

Другую, и не меньшую первой, пользу от Великого круга мы получаем для теории движений Венеры и Меркурия. Поскольку мы видим эти две планеты с Земли, как с наблюдательного пункта, то, хотя бы они и Солнце оставались неподвижными, все же, вследствие того, что мы движемся вокруг них движением Великого круга, мы тем не менее считали бы эти планеты, как и Солнце, обходящими собственными движениями зодиак. И так как наблюдения свидетельствуют о том, что Венера и Меркурий по своим орбитам движутся также собственными движениями, помимо среднего движения Солнца, уносящего их в направлении последовательности знаков, то у них замечаются и другие добавочные явления, зависящие от Великого круга.

Предположим сначала, что их орбиты представляют эпициклы, которые, как бы уносимые собственными деферентами, проходят зодиак одинаковыми движениями с Солнцем. Таким образом, когда Земля находится в перигее первых деферентов, все их орбиты будут считаться находящимися в апогее эксцентра и, обратно, при нахождении Земли в апогее орбиты будут в перигее. Кроме того, если у верхних планет апогеи и перигеи определяются по отношению к планетам на самом Великом круге, то на орбитах Венеры и Меркурия они, наоборот, определяются по отношению к центру Земли, где бы он ни находился, и, вследствие годового движения Земли, перемещаются через все точки деферентов. Концы диаметра подвижного деферента, движущегося параллельно линии среднего положения Солнца (проведена из центра Великого круга до центра

Земли), будут средними апсидами. Те из апсид, которые находятся в противоположной Земле части подвижного деферента, по праву будут называться верхними, находящиеся же в ближайшей части — нижними.

Если бы годовое движение Земли прекратилось, то, поскольку Венера завершает свое обращение в девять месяцев, как сказано выше, а Меркурий приблизительно в три, каждая из этих планет в течение времени своего оборота для нас, смотрящих с Земли, дважды соединялась бы с Солнцем, дважды останавливалась и дважды достигала крайних пределов на криволинейных дугах своих деферентов и по одному разу представлялась бы нам вечерней и утренней звездами, совершающими прямое и попятное движение, а также находящейся в апогее и в перигее. Далее из центра Великого круга глазу будут видимы только собственные неравномерные движения Венеры и Меркурия, как и остальных планет; конечно, они, проходя в своих движениях весь зодиак, будут когда-нибудь находиться и в противостоянии с Солнцем, а также наблюдаться и в других по отношению к нему σχηματισμοῖς (положениях).

Однако мы наблюдаем движения светил не из центра Великого круга и Земля не прекращает своего годичного движения; поэтому нам, обитателям Земли, становится вполне ясной причина, по которой одни и те же явления представляются в таком разнообразии. Вследствие размеров своих орбит Венера и Меркурий в более быстром движении опережают Землю, а Земля в своем годовом движении следует за ними. Поэтому Венера в то же положение относительно Земли возвращается приблизительно через 16 месяцев, а Меркурий — через 4; в течение этого времени они каждый раз представляют нам все явления, которые по божьему соизволению можно наблюдать с Земли.

Линии собственных аномалий движения правильно движутся вокруг центра Великого круга, совершая свои круговращения в установленное богом для них время; но линии истинных положений, проведенные через Венеру и Меркурий из центра Земли, движутся совершенно иным круговым движением, как вследствие того, что они проводятся из точки, лежащей вне их орбит, так и в результате подвижности самой этой точки.

Мы полагаем, что Венера и Меркурий движутся по своим орбитам теми самыми движениями, какие древние установили для их перемещений по эпициклам; поскольку же это движение представляет лишь избыток, на какой более быстрая планета превышает движение Земли или среднее движение Солнца, то этот избыток господин наставник называет параллактическим движением — по тем же самым причинам, что и у трех верхних планет. Таким образом, получается, что все явления Венеры и Меркурия, которые были бы видны даже с неподвижной Земли, будут, вследствие движения Земли, возвращаться позднее, а также происходить во всех частях их деферентов и во всех точках эклиптики, по которой опре-

деляются их разнообразные движения. Ведь если бы Земля была неподвижной в Раке, Птолемей никак не установил бы, что наименьшие отклонения от Солнца Меркурий имеет вблизи Весов, а Венера — вблизи Тельца. В каком бы месте своего Великого круга Земля ни находилась, Венера и Меркурий, которых мы застали бы на боковых сторонах их деферентов, представились, бы нам имеющими наибольшие отклонения от Солнца. Если мы проведем из центра Земли линии, с обеих сторон касающиеся деферентов Венеры и Меркурия, то в верхней их части по отношению к Земле планеты будут двигаться в направлении последовательности знаков, а в нижней, ближайшей к Земле,— против. В этих местах они будут казаться нашему зрению стоящими или движущимися попятным движением, в зависимости от того, будет ли угол дневного поворота линии истинного положения планеты вокруг центра Земли против последовательности знаков равняться углу среднего движения, т. е. движения Земли, в направлении последовательности знаков, или же больше его, и т. д. Таким образом, становится очевидным, что Венера и Меркурий оказываются вращающимися вокруг Солнца.

Одновременно становится яснее Солнца причина, по которой круговая орбита, несущая Землю, правильно называется Великим кругом. Действительно, если полководцы после успешного окончания войны или покорения народов получают имя «великих», то, конечно, этого достойна и упомянутая круговая орбита, которой придается это высочайшее имя, так как она даже одна знакомит нас с законами небесного царства, исправляет все ошибки движений и восстанавливает в своем достоинстве эту прекраснейшую часть философии. Кроме того, эта орбита называется Великим кругом, так как она имеет заметную величину по сравнению с орбитами как верхних, так и нижних планет, что и представляет причину главнейших видимых явлений.

О том, каким образом планеты кажутся отклоняющимися от эклиптики

При изучении планетных широт прежде всего нужно заметить, насколько правильно название Великий дается деференту центра Земли. Это тем более удивительно, что учения об этом предмете древних очень запутанны и темны. Конечно, и движения планет по долготе представляют отличные доказательства того, что центр Земли описывает орбиту, которую мы называем Великим кругом; что же касается планетных широт, то целесообразность употребления его, занимающего как бы некоторое блестящее положение, будет еще более заметной, ибо он сам, никогда не уходящий из плоскости эклиптики, является все-таки главной причиной всех неправильностей видимых явлений, касающихся широты. И ты,

ученейший господин Шонер, увидишь, с какой величайшей любовью следует почитать и ценить этот круг, который делает совершенно наглядной всю теорию движения по широте благодаря ее краткости, ясности и полной обоснованности.

Предположим сначала, следуя мнению Птолемея, что деференты трех верхних планет имеют наклон к эклиптике, причем апогеи их находятся к северу от нее, а перигеи — к югу, так что сами планеты будут совершать круговые движения по своим орбитам совершенно так же, как Луна, вращаясь по косому кругу, не выходит из его плоскости. Линии собственной аномалии и драконические узлы планет, как их обычно называют, определят положение деферентов относительно эклиптики и пересечения с линиями движений планет; линии же истинных положений, пересекающие вышеупомянутые линии в центрах планет, в зависимости от положения центра Земли на Великом круге относительно планеты и самой планеты на ее наклонной орбите укажут истинные места планет, более или менее удаленные от круга, проходящего через середины знаков, в соответствии с величинами углов, которые орбиты образуют с эклиптикой, как этого требует математическая теория. По этой причине, в какой бы части ее деферента или эпицикла планета ни находилась на своем наклонном круге, при расположении центра Земли в более удаленной от планеты половине Великого круга, которую древние называли верхней частью эпицикла, видимые широты, очевидно, должны быть меньше угла наклона деферента к плоскости эклиптики, так как при таком положении центра Земли относительно планеты угол видимой широты будет меньше угла наклона, как внутренний угол по отношению к противолежащему внешнему углу в треугольнике.

Далее, когда центр Земли перейдет на более близкую к планете половину Великого круга, то, наоборот, видимая широта будет больше угла наклона, очевидно по тем же самым причинам, так как угол, бывший ранее внешним и противолежащим, стал внутренним.

Это и есть та причина, по которой древние полагали, что при нахождении центра эпицикла вне узлов верхняя его часть всегда располагается между плоскостями деферента и эклиптики, а остающаяся поворачивается в ту сторону, куда имела наклон половина деферента, на которой находился центр эпицикла, а диаметр, проходящий через средние долготы эпицикла, перемещался параллельно плоскости эклиптики; при нахождении же эпицикла в узлах планета совсем не имела никакой широты при любом своем положении на окружности эпицикла; в наших гипотезах это соответствует тому случаю, когда планета находится в узлах, а Земля — где угодно на Великом круге.

Если бы угол плоскости эпицикла с его деферентом в гипотезах древних оказался равным постоянному углу наклона плоскости деферента к эклиптике, т. е. если бы плоскость эпицикла была всегда параллель-

ной эклиптике, то вышеизложенная теория широт была бы вполне достаточной. Поскольку же геометрически обработанные наблюдения показывают, что он отличается от угла наклона деферента к эклиптике, как можно видеть у Птолемея в последней книге τῆς μεγάλης συντάξεως (Альмагест), то господин наставник предполагает, что угол наклона деферента к эклиптике в колебательном движении увеличивается и уменьшается в определенном отношении в зависимости, конечно, от среднего движения планеты по косому кругу и самой Земли по Великому кругу. Это получится, если за один период параллактического движения диаметр, по которому происходит колебание, будет дважды пройден крайними пределами наклонной орбиты; при этом, однако, соблюдается условие, что, когда планета находится в вечернем восходе, угол наклона будет наибольшим и, следовательно, угол видимой широты будет еще больше, в утреннем же восходе угол наклона будет наименьшим, почему и сама видимая широта будет соответственно меньше.

Что касается изменения видимых широт Венеры и Меркурия, то, если мы только исключим девиацию, эта теория легкостью своей разработки превзойдет теории верхних планет. Рассмотрим сначала широты Венеры.

Прежде всего сфера Венеры находится внутри Великого круга. Итак, господин наставник полагает, что плоскость, в которой движется Венера, наклонена к плоскости эклиптики, или Великого круга, вдоль диаметра, проходящего через истинные апсиды первого деферента, так что восточная половина подымается над плоскостью эклиптики к северу под таким углом наклона, который в гипотезах Птолемея содержится между плоскостями эпицикла и деферента, а западная половина располагается к югу от эклиптики. Под восточной половиной подразумевается та, которая идет от места верхней апсиды по направлению последовательности знаков, и т. д. При помощи одной этой простой гипотезы легко получить все правила для деклинаций и обликваций по широте в зависимости от положе- 48
ния Земли относительно плоскости планеты.

Действительно, когда в результате годового движения Земли мы приходим к местам, противолежащим верхней апсиде первого деферента, именно там, где орбиту Венеры мы полагаем как бы эпициклом, находящимся в апогее своего деферента, то плоскость, в которой движется Венера, кажется нам отходящей вверх от плоскости эклиптики, поскольку мы в таком положении смотрим на нее сбоку. И так как эту плоскость мы созерцаем из более низкого места, то, если мы обратим взор наш к югу, часть плоскости, подымающая к северу, будет у нас слева, а другая, идущая к югу, справа. Но когда Земля будет продвигаться вверх по направлению к верхней апсиде, то орбита Венеры, мы думаем, будет опускаться от апогея своего эксцентра, а наклоненную плоскость деферента Венеры мы начнем видеть как бы с более высокого места. Поэтому обликвация после-

довательно переходит в деклинацию, так что в месте, отстоящем от первоначального на четверть окружности, где бы планета в высокой части ни замечалась, она будет иметь только деклинацию к эклиптике.

Так как мы связаны с Землей, то древние считали, что в таком положении в противолежащей половине деферента (а она от верхней апсиды идет по направлению последовательности знаков и от плоскости эклиптики поднимается к северу) эпицикл Венеры находится в нисходящем узле и что апогей эпицикла больше всего отклоняется к северу, а перигей — к югу. Затем, когда Земля в своем годовом движении будет нас, находящихся наверху, увлекать к месту верхней апсиды Венеры, ее орбита, или эпицикл, покажется нам приближающейся к нижней апсиде ее деферента, и плоскость эпицикла (для нас — плоскость, где находится планета Венера), которая раньше наклонялась к плоскости эклиптики, будет теперь снова подниматься к нам, а северная половина деферента, возвышающаяся над плоскостью эклиптики, будет располагаться справа от нас, так как мы видим орбиту Венеры сверху. Когда же центр Земли дойдет до места верхней апсиды Венеры, то не будет замечаться никакой деклинации, а будет только одна обликвация, и орбита Венеры, по мнению древних, будет казаться находящейся в нижней апсиде своего деферента. Вот какой будет последовательность τῶν φαινομένων, когда центр Земли совершает половину оборота, восходя от места нижней апсиды Венеры в направлении последовательности знаков к месту верхней апсиды Венеры.

Таким же образом при опускании Земли обликвация относительно нас понемногу перейдет в деклинацию, и так как при этом движении Земли противоположной станет половина плоскости деферента, лежащая от верхней апсиды в направлении против последовательности знаков, то апогей деферента Венеры начнет отклоняться к югу от плоскости эклиптики, пока в положении Земли на девятидесятом градусе от места апсид обе половины не покажутся нам в наклонении к плоскости эклиптики, а орбита, или эпицикл Венеры, будет считаться в восходящем узле по направлению к верхней апсиде; когда Земля будет уходить от этого места, то деклинация снова обратится в обликвацию, и по достижении Землей места нижней апсиды Венеры снова начнут происходить те же самые явления изменения широт у Венеры.

Из этого ясно, что при нахождении Земли на линии апсид Венеры плоскость деферента покажется в обликвации, в четвертях окружностей от этих положений — в деклинации, а в промежуточных местах будут наблюдаться смешанные широты.

Но так как к упомянутым изменениям широт, которые древние приписывали эпициклу Венеры, примешивается еще одно (они демонстрировали его при помощи центра деферента уже устраненного теперь эпицикла Венеры), названное древними девиацией, а Птолемеем τῶν ἐκκέντρων

κυκλῶν ἡ ἔγκλισις (наклон эксцентрических кругов), то господин наставник решил, что надо найти другую, более согласную с наблюдениями теорию. Чтобы мы легче смогли проследить данную господином доктором, моим наставником, теорию для объяснения девиации (как мы следили за остальными излагавшимися до сих пор теориями), предположим, что упоминавшаяся только что плоскость будет средней и, кроме того, неподвижной, а истинная плоскость по твердо установленному закону будет отклоняться от нее то в ту, то в другую сторону. И так как все движения понимаются легче и проще, если рассматривать полюсы, то предположим сначала, что один из полюсов средней плоскости поднимается над плоскостью эклиптики к северу на величину угла наклона, а второй на столько же с противоположной стороны отклоняется к югу; все, что мы скажем о северном полюсе и относящихся к нему явлениях, следует подобным же образом понимать и относительного южного (учитывая, конечно, условие противоположности). 49

Итак, вокруг северного полюса средней плоскости возьмем подвижной круг, радиус которого соответствует наибольшим отклонениям средней плоскости от истинной; пусть северный полюс истинной плоскости будет колебательным движением описывать диаметр упомянутого круга. Пусть еще подвижный круг будет следовать движению планеты так, чтобы Венера в своем движении выходила из одного какого-нибудь движущегося за ней пересечения и по истечении года возвращалась к оставленному. Через полюсы обеих плоскостей проведем большой круг и отсчитаем по 90 градусов в обе стороны от его общего пересечения с истинной плоскостью; если полюсы истинной и средней плоскостей не совпадают, то узлы или вышеупомянутые пересечения будут определенными. В то время как Венера заканчивает свое периодическое обращение по отношению к какому-нибудь из узлов, полюс истинной плоскости в колебательном движении дважды опишет диаметр упомянутого подвижного круга.

Все это, однако, происходит так, как будто у планеты с центром Земли был заключен такой договор: всякий раз, когда Земля будет в апсидах своего деферента, Венера, независимо от того, в какой точке своего истинного деферента она находится, давала бы наибольшую девиацию к северу от средней плоскости, иными словами, больше всего удалялась от своего среднего пути. Кроме того, когда Земля находится на расстоянии четверти окружности от апсид деферента, сама планета со всей своей плоскостью будет лежать в средней плоскости деферента; когда же Земля будет проходить через остальные промежуточные точки, планета должна держать свой путь, находясь и сама в промежуточных девиациях. Чтобы этот договор Земли и планеты сохранялся навечно, бог установил, чтобы первый колебательный кружочек (если воспользоваться установленным термином) делал один оборот в то же самое время, в какое Венера один раз возвращается к какому-нибудь из подвижных узлов.

Чтобы пояснить это примером, предположим, что в какой-нибудь начальной точке девиационного движения северный полюс истинной плоскости будет стоять всего южнее по отношению к полюсу прилежащей средней плоскости, а Венера будет в наивысшем, именно северном, пределе девиации, центр же Земли будет в какой-нибудь из апсид Венеры; через четверть года Земля в своем годичном движении дойдет до средней точки между апсидами, а планета в то же самое время — до своего пересечения или подвижного узла. И так как колебательное движение соразмеряется с движением планеты по отношению к узлам или пересечениям, то первый колебательный кружочек тоже пройдет четверть окружности и полюс истинной плоскости при помощи второго кружочка, движущегося вдвое быстрее первого, установится в полюсе средней плоскости, так что обе плоскости совпадут. Когда же планета уйдет из этого узла, Земля будет продвигаться к другой апсиде первого эксцентра, и полюс истинной плоскости колебательным движением продвинется к северу от полюса средней плоскости. Таким образом, если Венера, как в нашем примере, будет южной, то ее южная широта будет уменьшаться, если же северной, то увеличиваться. Когда же Земля дойдет до указанного места, то полюс истинной плоскости в колебательном движении достигнет наибольшего северного предела, а планета в своем годовом движении относительно узлов, находясь между обоими этими пересечениями, будет иметь опять наибольшую девиацию к северу.

Таким образом, ясно, что движение взятого круга должно служить для того, чтобы в течение года Венера возвратилась к узлам и чтобы всегда при нахождении Земли на линии апсид планета в любом положении на своей истинной плоскости имела наибольшую девиацию от средней плоскости, а при положении Земли посредине между апсидами планета находилась в узлах. Кроме того, колебательное движение производит то, что при нахождении Венеры в каком-нибудь из узлов обе плоскости соединяются, а та часть истинной плоскости, на которую вступает планета, будет всегда отклоняться к северу от средней плоскости, так что, как и следует, эта широта все время остается северной.

Подобно тому как плоскость Венеры, которую мы назвали средней, пересекается эклиптикой по линии апсид первого эксцентра и половина этой плоскости, расположенная по направлению последовательности знаков от верхней апсиды, подымается к северу, а другая половина по закону противоположности — к югу, так и у Меркурия будет такая же средняя плоскость, которая по линии своих апсид отклоняется, как и следует, в обе стороны от плоскости эклиптики, причем, наоборот, северной будет та половина средней плоскости, которая расположена против последовательности знаков от верхней апсиды. Таким образом, в годовом обращении центра Земли деклинации и обликвации у Меркурия поменялись местами по сравнению с Венерой. Для того же, чтобы это отличие

было более заметным, девиацию истинной плоскости Меркурия от средней бог расположил так, чтобы та половина, на которую вступает Меркурий, всегда отклонялась к югу от средней плоскости, а при нахождении Земли в апсидах Меркурий со своей истинной плоскостью лежал бы в средней; вследствие этого для широт Меркурия, кроме вышеуказанных, нет никаких отличий от Венеры, разве только величина этой девиации у Меркурия больше, чем у Венеры, так как у него больше и угол наклона. Впрочем, все остальные изменения широты Меркурия легко определяются, совершенно так же, как и для Венеры.

Часть остается труда, часть дела законченной видишь;
Здесь остановим мы свой, бросивши якорь, корабль, 50

чтобы закончить словами поэта это наше Первое повествование.

Вторую же обещанную мною часть я начну составлять, как только с надлежащей тщательностью изучу весь труд господина моего наставника. Надеюсь, обе они будут тем более для тебя приятными, что ты после изложения наблюдений мастеров так яснее увидишь согласие гипотез господина моего наставника с τοῖς φαινομένοις, так что их можно взаимно обменять, как хорошее определение и определяемый предмет.

Славнейший и ученейший господин Шонер, которого я всегда буду уважать, как отца, теперь только остается, чтобы ты терпеливо и благосклонно принял этот мой труд, каков он есть. Ведь хотя я и хорошо знаю, что могут снести мои плечи и что откажут, однако твоя особенная и (я сказал бы) отеческая любовь ко мне делает то, что я совсем не страшусь подняться на это небо и, насколько это возможно, будут сообщать тебе все. Я молю, чтобы величайший и блаженнейший бог удостоил обратить во благо и сподобить меня довести предпринятую мною работу по правильному пути до конца. Если же что-нибудь сказано с некоторой юношеской пылкостью (ведь мы, юноши, как говорят, всегда обладаем устремлениями более высокими, чем приносящими пользу) или по неосторожности попало какое-нибудь выражение, которое можно счесть сказанным против уважаемой и священной древности вольнее, чем, может быть, требовали величие и серьезность предмета, ты, конечно, как я и не сомневаюсь, поймешь это с лучшей стороны и больше будешь принимать во внимание мое к тебе отношение, чем то, что я представил.

Затем мне хотелось бы, чтобы об ученейшем муже господине докторе, моем наставнике, ты имел такое мнение, и был в этом совершеннейшим образом убежден, что для него нет ничего более первенствующего и почтенного, чем идти по стопам Птолемея, совершенно так же, как поступал и Птолемей, следуя древним своим предшественникам. Когда же, однако, он понял, что τὰ φαινομένα, которые правят астрономом, и сама математика заставляют его, даже вопреки его воле, принимать что-нибудь дру-

гое, то он счел все же возможным направлять свои стрелы в ту же цель и тем же способом, что и Птолемей, хотя для этого и пришлось взять лук и стрелы, сделанные из вещества совсем другого рода, чем тот, которым пользовался Птолемей.

И здесь следует иметь в виду: δεῖ δ'ἐλευθέριον εἶναι τῇ γνώμῃ τὸν μέλλοντα φιλοσοφεῖν (намеревающемуся философствовать необходимо быть свободным в мыслях). Впрочем, как любому хорошему человеку, а в особенности философской натуре, так и господину моему наставнику, чуждо и в высшей степени ненавистно из-за какой-то любви к новому легкомысленно отступать от правильных мнений древних философов, если только важные причины и само дело не заставят это сделать. Иной у него возраст, иная серьезность нравов и совершенство учености, иная, наконец, высота ума и величие духа, для того чтобы в него могло запасть что-либо подобное, свойственное или юношескому возрасту, или τῶν μέγα φρονούντων ἐπὶ θεωρίᾳ μικρᾶ (много размышляющим над малой теорией), если
51 воспользоваться словами Аристотеля, или же пылким умам, которые возбуждаются и направляются любым ветром и своими настроениями и даже, как бы потеряв κυβερνητὴν (кормчего), хватают, что попадется под руку, и буйно за это сражаются.

Но пусть победят истина и доблесть, пусть науки всегда пользуются соответствующим им почетом, пусть каждый добрый мастер своего искусства выпускает в свет то, что полезно, и так ведет свои исследования, чтобы все видели, что он стремится к истине. И никогда не будет господин наставник страшиться суждений добрых и ученых мужей, выйти на суд которых в дальнейшем он помышляет.

Похвала Пруссии

52 Пиндар в оде, которая, как говорят, записана золотыми буквами и сохраняется в храме Минервы, прославляя кулачного бойца Диагора Родосского, олимпийского победителя, говорит, что его родина является дочерью Венеры и самой любимой супругой Солнца. Юпитер много дождил золотом по той причине, что там почитали его дочь Минерву; поэтому Родос и получил от нее славу мудрости и ἐγκυκλοπαιδίας (всестороннего образования), которые были у них в большом почете.

Я не могу представить, чтобы эту прекрасную ἐγκώμιον (похвалу) родосцам можно было в наше время скорее отнести к какой-нибудь другой стране, чем к Пруссии (о ней я и намереваюсь сказать несколько слов, которые ты, может быть, захочешь выслушать). Я не сомневаюсь, что если бы какой-нибудь опытный астролог захотел тщательно и заботливо исследовать, какие звезды стоят во главе этой прекраснейшей, пло-

дороднейшей и счастливейшей области, то правящими этой страной окажутся те же самые божества. Но, как говорит Пиндар

Φαντί δ'ἀνθρώπων παλαιαὶ
Ρήσιες, οὔπω ὅτε
Χθόνα δατεόντο Ζεύς τ' καὶ ἀθάνατοι,
Φανεράν ἐν πελάγει
Ῥόδον ἔμμεν ποντίῳ,
Ἀλμυροῖς δ' ἐν βένθεσσιν νᾶσον κεκρύφθαι.
Ἀπέοντος δ' οὔτις ἐν —
δειξεν λάχος Ἀελίου·
Καὶ ρ'ά μιν χώρας ἀκλάρω —
τον λιπὸν, ἀγνὸν θεόν.
Μνασθέντι δέ Ζεύς ἄμπαλον μελ —
λει θέμεν· ἀλλά μιν οὐκ
Εἴασεν· ἐπεὶ πολιᾶς
Εἰπέ τιν' αὐτὸς ὁρᾶν ἔνδον θαλάσσης
Αὐξομέναν πεδόθεν
Πολύβοσκον γαῖαν ἀνθρώ —
ποισι καὶ εὔφρονα μήλοις[1].

Так, несомненно, и Пруссию когда-то покрывало море; какое основание этому может быть более верным и подходящим, чем то, что и в настоящее время на материке очень далеко от берега находится янтарь? Поэтому по милости богов она, как рожденная морем, по тому же самому закону досталась Аполлону, который в настоящее время любит ее так же, как когда-то любил Родос свою супругу. Но поэтому может ли Солнце касаться прусской земли тоже отвесными лучами, как в Родосе? Должен признаться, что нет, но оно компенсирует это многими другими способами, и то, чего в Родосе оно достигает отвесностью лучей, в Пруссии производит более долгим своим пребыванием над горизонтом; наконец, я полагаю, никто не будет отрицать, что янтарь является особым даром бога, которым он прежде всего захотел украсить эту страну. Ведь кто тщательно обдумает благородство янтаря и пользу, которую он приносит в медицине, тот правильно рассудит, что он посвящен Аполлону и даже является великолепным его даром, которым он захотел изобильно одарить, как драгоценнейшим украшением, Пруссию, свою супругу.

---

[1] «Древние предания говорят, что когда Зевс и бессмертные делили землю, то Родос еще не был виден на поверхности моря, а был скрыт в соленых пучинах. В отсутствие Гелиоса никто не дал ему жребия; и вот он, чистый бог, остался ненаделенным землей. Когда же он упомянул об этом, то Зевс захотел снова бросить жребий, но тот не позволил, ибо, сказал он, своими глазами видит, как изнутри моря поднимается кверху обширная земля, изобилующая пастбищами и веселая яблоками».

Так как Аполлон, кроме медицинского искусства и мантики, которые он первый изобрел и практиковал, отличался еще страстью к охоте, то, очевидно, он и избрал именно эту страну из всех других и, предвидя заранее, что ужасные турки опустошат его Родос, перенес сюда свое обиталище и (это, по-видимому, не противоречит истине) переселился сюда вместе со своей сестрой Дианой. Куда бы ты ни обратил свой взгляд, посмотришь ли на леса, ты скажешь, что зверинцы (которые у греков называются παράδεισοι) и пчелиные пасеки помещены там Аполлоном, а поля и кустарники — это их зайчатники и птичники, озера же, болота, источники — это священные места Дианы и рыбные садки богов. Я скажу даже, что он до такой степени возлюбил Пруссию больше других стран, как свой «парадис», что, кроме оленей, ланей, медведей, вепрей и других хорошо известных зверей того же рода, он поселил в ней зубров, лосей, бизонтов и других, которых почти невозможно найти в иных местах, уже не говоря о многочисленных и редких породах птиц и рыб.

От Пруссии, своей супруги, Аполлон произвел такое потомство: Кенигсберг, местопребывание знаменитейшего князя, господина и государя Альбрехта, герцога прусского, маркграфа бранденбургского и т. д., современного Мецената для всех ученых и известных людей; Торн, достаточно прославленный когда-то своим портом, а в настоящее время — своим питомцем господином наставником моим; Данциг, столицу Пруссии, выделяющуюся мудростью и величием своего сената, богатствами и славой возрождающихся наук; Вармию (Фрауэнбург), местопребывание многих ученых и благочестивых мужей, славящуюся досточтимейшим господином Иоанном Дантиском, красноречивейшим и мудрейшим епископом; Мариенбург, казначейство светлейшего короля Польши; Эльбинг, древнее прусское обиталище, также взявшее на себя священную заботу о науках: Кульм, славный науками, откуда получило свое начало кульмское право.

Что касается зданий и укреплений, то их можно было бы назвать дворцами и храмами Аполлона, а сады, поля и всю страну — наслаждением Венеры, так что эту страну заслуженно можно назвать Родосом. А что Пруссия — дочь Венеры, станет совершенно ясно, если обратить внимание на плодородие почвы или на красоту и приятность всей страны.

Венера, как передают, вышла из моря; так и Пруссия является дочерью ее и моря; однако она не только отличается таким плодородием, что ее хлебом питаются Голландия и Зеландия, но является как бы закромами для соседних государств, а также Англии и Португалии; кроме того, она вдоволь вывозит им прекраснейшие породы рыб и другие ценные вещи, которые в изобилии находятся в ней. Впрочем, Венера позаботилась обо всем, что касается культуры, блеска, хорошей и просвещенной жизни, а если природа почвы не позволяет чему-нибудь родиться и иметься в

этих местах, то благодаря морю все это удобно можно откуда-нибудь ввезти в Пруссию.

Однако поскольку тебе, ученейший господин Шонер, все это гораздо лучше известно, чем я мог бы рассказать, да и другие трактуют об этом в целых книгах, посвященных тому же предмету, то я воздержусь от более обильных похвал. Я добавлю только, что милостью председящего божества прусский народ многочислен и также одарен особой культурностью; кроме того, он чтит Минерву всякого рода искусствами и чувствует за это благосклонность Юпитера. Не говоря уже о приписываемых Минерве более низких искусствах вроде архитектуры и ей родственных, прежде всего знаменитейший князь, а затем и все должностные лица и знать Пруссии, стоящие во главе ее и управляющие государственными делами с большим рвением, как и подобает героям, принимаются за возрождающиеся в разных местах мира науки и литературу, так что и каждый в отдельности, и все в общем совете стараются воспитывать и распространять их. Поэтому и Юпитер дождит на них много золота, стянув желтые тучи, т. е., как я понимаю, Юпитер считается правящим судьбами империй и государств; если знатные люди заботятся об учении, мудрости и музах, то и бог, как в золотое облако, собирает умы подданных, а также и соседних королей, князей и народов, и из этого облака, как золотыми каплями, источает мир и все блага мира, сердца, любящие спокойствие и общий мир, государства, укрепленные хорошими законами, мудрых мужей, честное и богобоязненное воспитание детей, наконец, благочестивое и чистое распространение религии и т. д.

Часто упоминают о кораблекрушении Аристиппа, которое, как передают, произошло с ним около острова Родоса; когда, выброшенный на берег, он увидел некоторые геометрические фигуры, то велел своим спутникам быть спокойными, восклицая, что он заметил человеческие следы. И, конечно, он не обманулся: ученые и любящие доблесть люди приготовляли ему и его спутникам все необходимое для поддержания жизни за его выдающиеся знания.

То, что пруссы очень гостеприимны, и я, ученейший господин Шонер, испытал это (да хранят меня боги!); подходя к жилищу какого-нибудь великого в здешней местности мужа, я всегда сейчас же замечал на самом пороге геометрические фигуры и видел, что геометрия прочно сидит в умах этих людей. Поэтому, как и следует добрым мужам, почти все стараются всеми возможными услугами и заботами помогать изучающим эти науки, так что истинная мудрость и эрудиция всегда нераздельны с добротой и благотворительностью.

Хотя я и хорошо знаю, как неглубоко покрывают меня одежды образования, и меряю себя своей мерой, я все же особенно удивляюсь заботам обо мне двух великих людей. Один из них — выдающийся прелат, о котором я уже упомянул вначале, досточтимейший господин Тидеманн

Гизий, кульмский епископ. Его уважаемое благочестие, сопровождаемое рядом добродетелей и ученостью, как требует от епископа Павел, принял священнейшее решение и понял, что не мало будет сделано во славу Христа, если церковь будет обладать правильно установленной последовательностью времен и надежной теорией в науке о движениях; он не переставал увещевать господина доктора, моего наставника, труды и ученость которого были ему еще задолго перед этим известны, чтобы он взял на себя эту область знания и, наконец, полностью склонил его.

Поскольку господин наставник по природе κοινωνικός (общественный) и хорошо знает, что исправление движений будет полезно и всему сообществу ученых, он легко склонился к просьбам досточтимейшего прелата и своего друга и приступил к составлению астрономических таблиц с новыми правилами; если его работа будет в какой-нибудь степени полезной, то он не скроет свои труды от государства, как это сделали
53 Иоанн Ангел и другие. Ему давно уже было ясно, что его собственные наблюдения по праву требуют таких гипотез, которые, если и не должны ниспровергнуть учение о последовательности сфер и движений, принятое всеми в качестве достоверного после обсуждения и обработки, то все же будут противоречить свидетельству наших чувств; поэтому он полагал, что лучше подражать Альфонсовым таблицам, а не Птолемею и предложить таблицы с хорошо разработанными правилами без доказательств. Вследствие этого среди философов не подымется никакого смятения, простые математики будут иметь правильный способ расчета движений, а истинные мастера, к кому более благосклонны взоры Юпитера, на основании данных числовых значений легко дойдут до основных начал и источников, из которых все выведено. Таким образом, как в настоящее время ученые вырабатывают истинные гипотезы о движении звездной сферы на основании теории Альфонсовых таблиц, так и в дальнейшем все станет ясно ученым, а обычные астрономы не будут лишены полезных правил, которые они ищут и применяют даже без всякого знания, и будет соблюдено известное правило пифагорейцев, что следует так производить философские рассуждения, чтобы их глубины сохранялись только для ученых и посвященных в математическую философию.

Его преподобие указал, что такой труд будет несовершенным даром государству, если он не изложит теорий, лежащих в основании его таблиц, и не добавит по примеру Птолемея, на основании каких рассуждений, расчетов, основных принципов и доказательств он получил свои средние движения и простаферезы и установил начальные данные для различных эпох. К этому он добавил, сколько неудобств и ошибок это принесло в Альфонсовых таблицах, так как мы были вынуждены принимать их данные и одобрять совершенно так же, как было в обычае у пифагорейцев с их αὐτὸς ἔφα (сам сказал), а в математике это, конечно, совершенно неуместно.

Далее, поскольку эти принципы и гипотезы как бы диаметрально противоположны гипотезам древних, вряд ли даже среди мастеров найдется со временем кто-нибудь, кто сможет уяснить и сделать общим достоянием основные принципы таблиц, когда последние войдут в силу как вполне согласные с истиной. Не должно здесь делать того, что часто происходит в государствах, на совещаниях и в общественных делах: самый ход совещаний некоторое время держится в тайне, пока после достижения решения не будет полностью оправдана надежда, что подданные одобрят его.

Что же касается философов, то более опытные и знающие из них тщательнее пересмотрят и обдумают весь ход рассуждений Аристотеля; так и сам Аристотель, думая, что он на основании многих аргументов доказал неподвижность Земли, все-таки прибегает к такому аргументу:
Μαρτυρεῖ δὲ τούτοις καὶ τὰ παρὰ τῶν μαθηματικῶν λεγόμενα περὶ τὴν ἀστρολογίαν, 54
τὰ γὰρ φαινόμενα συμβαίνει μεταβαλλόντων τῶν σχημάτων, οἷς ὥρισται τῶν ἄστρων ἡ τάξις, ὡς ἐπὶ τοῦ μέσου κειμένης τῆς γῆς (свидетельством этому является и то, что у математиков говорится об астрономии, а именно, что наблюденные явления представляются в виде изменений фигур, определяющих расположение звезд, как если бы Земля была расположена в середине).

Затем философы должны будут для себя решить, если это заключение не может быть получено на основании предшествующих рассуждений, не тратить даром сил и труда и принять истинную теорию астрономии. Далее нужно будет разработать подходящие решения для других спорных вопросов и, возвращаясь к принципам, с большой тщательностью и старанием разобрать, является ли доказанным, что центр Земли будет также и центром мира и что, если поднять Землю до сферы Луны, то оторвавшиеся частицы Земли будут стремиться не к центру земного шара, но к центру Вселенной, хотя все они падают под прямыми углами к поверхности земного шара. Кроме того, если мы видим, что магнит имеет естественное движение к северу, то будут ли обязательно насильственными приписываемые Земле суточные вращения и круговые движения. Далее, можно ли будет в самом акте отделить друг от друга три движения — от центра, к центру и вокруг центра — и придумать другие основные принципы, которыми можно было бы опровергнуть мнения Тимея и пифагорейцев. Это и еще другое в таком роде должны философы между собой обдумать, если они хотят достичь основной цели астрономии и помнить о мощи и действиях бога и природы.

Если же ученые разных стран будут яростно и упорно держаться своих принципов и вынесут в таком духе решение, то, убеждал господина наставника его Преподобие, ему не следует ожидать для себя лучшей участи, чем та, которая выпала на долю Птолемея, монарха этой науки. Рассуждая о нем, Аверроэс, вообще говоря величайший философ, заключил, что эпициклы и эксцентрики в природе невозможны и что Птолемей

не знал, на основании чего древние приняли вращательные движения; наконец, Аверроэс сказал: «Астрономия Птолемея по своему бытию яляется ничем, но даже и в небытии удобна для вычислений». И совсем уже не стоит обращать внимания на крики остальных несведущих людей, которых греки называют ἀθεωρητοὺς, ἀμούσους, ἀφιλοσόφους καὶ ἀγεωμετρήτους (лишенными теории, образования, философии и геометрии), так как не ради них выдающиеся люди предпринимают какие-нибудь труды.

Этими и многими другими доводами, как я узнал от друзей, хорошо сведущих во всем этом, ученейший прелат наконец добился от господина наставника обещания, что он предоставит ученым и потомству возможность вынести суждение о его трудах. Поэтому все добрые люди и занимающиеся математикой должны быть действительно благодарны г-ну епископу Кульмскому за то, что он выполнил этот труд для государства.

Но этот благосклоннейший прелат глубоко любит эти науки и тщательно в них упражняется; он имеет для наблюдения равноденствий медную армиллу вроде тех двух, правда, несколько больших, которые, как говорят, были у Птолемея в Александрии, так что для их осмотра ученые стекались из разных мест Греции. Он позаботился выписать для себя из Англии действительно княжеский гномон, который я с большим удовольствием осматривал, так как он сделан отличным мастером, знавшим математику.

Другим моим меценатом был достопочтенный и деятельный господин Иоанн фон Верден, бургграф Нейенбургский и т. д., консул знаменитого города Данцига; он, услыхав от некоторых друзей о моих занятиях, не счел недостойным для себя приветствовать меня, хотя и незаметного, и просить, чтобы я посетил его перед отъездом из Пруссии. Когда я сообщил это господину моему наставнику, то он был очень за меня рад и так мне описал этого человека, что я понял, меня пригласил как бы известный гомеровский Ахилл. Мало того что он выделяется в военных и гражданских искусствах; он по благосклонности Муз упражняется также в музыке и сладчайшей гармонией восстанавливает и укрепляет свои силы для несения и выполнения тяжестей государственной жизни, будучи достойным того, чтобы величайший и всеблагой бог сделал его ποίμενα λαῶν (пастырь народов). И счастливо государство, во главе которого бог поставил таких правителей.

Сократ в «Федоне» осуждает мнение тех, которые называют душу гармонией, и правильно делает, если под этим понимать только смешение в теле элементов. Если же определять душу как гармонию на том основании, что вместе с богами один только человеческий ум понимает гармонию и только он исчисляет ее, то некоторые не побоялись назвать душу числом, в особенности, когда видели, что в тягчайших душевных болезнях исцеление достигается при помощи музыкальных консонансов, так что, очевидно, нет ничего неудобного в мнении, согласно которому душа человека,

в частности героическая, называется гармонией. Поэтому совершенно правильно будет считать счастливыми государства, правители которых имеют гармонические души, т. е. философские природы. Такой наверняка не имел тот скиф, который предпочитал слушать ржание лошадей, а не отличнейшего музыканта, которого другие слушали до упоения. О если бы все короли, князья, прелаты и другая знать в королевствах получали свой жребий душ из чаши гармонических душ! Я не сомневаюсь, что тогда эти превосходные науки, которыми следует заниматься даже ради них самих, достигнут достойного себя положения.

Вот ты, славнейший муж, имеешь теперь все, что я в настоящее время счел нужным написать тебе о гипотезах г-на моего доктора, о Пруссии и своих меценатах. Будь здоров, ученейший муж, и не пренебрегай направлять своими советами мои занятия; ведь ты знаешь как необходимы нам, юношам, советы более взрослых и опытных людей. Не забывай о прекрасном изречении греков: Γνῶμαι δ' ἀμείνους εἰσὶ τῶν γεραιτέρων (лучшими являются мнения более взрослых).

Из нашего кабинета в Вармии в 9-й день до октябрьских календ в год от рождества Христова 1539[1].

[1] 23 сентября 1539 г.

КОММЕНТАРИИ

До сих пор еще не решен окончательно вопрос о том, как назвал Коперник свое произведение — De Revolutionibus или De Revolutionibus Orbium Caelestium. За первое название говорит то, что в заглавиях отдельных книг рукописи Коперника стоит просто Liber Revolutionum, за второе — то, что в своем посвящении папе Павлу III Коперник называет свой труд De Revolutionibus Sphaerarum Mundi. Во всяком случае полное заглавие в настоящее время так уже установилось, что менять его было бы затруднительно.

Относительно русского перевода заглавия необходимо сказать следующее. Хотя слово revolutio является производным от глагола volvere (вращаться, кататься), все же слово «вращение» не вполне адекватно передает его смысл. Строго говоря, следовало бы сказать «периодическое вращение»; в тексте иногда действительно слово revolutio удобнее переводить «период», но в заглавии пришлось за неимением лучшего переводить одним словом «вращение». Использование термина «обращение» невозможно ввиду его некоторой двусмысленности: например, часто приходится слышать, что «Земля вращается вокруг своей оси и обращается вокруг Солнца», причем под словом «обращение» понимается то, что в теоретической механике называется круговым поступательным движением. В тексте Коперника это понятие совершенно отсутствует, он оперирует только вращениями, причем последние понимаются в том смысле, который дает им современная механика (см. комментарии к гл. XI первой книги).

Равным образом приходится сказать несколько слов о переводе термина orbis. Первоначальное значение этого слова было «круг»; в частности, известно выражение orbis terrarum — земной круг (кстати, это выражение употребляется в гл. III первой книги, где Коперник говорит в этом смысле об Америке). В дальнейшем это слово приобрело смысл «шар», или «сфера», а уже после Коперника отсюда произошел современный термин «орбита». Уже упоминавшееся в посвящении папе Павлу III заглавие, а также текст гл. X первой книги, где Коперник ставит знак равенства между обоими терминами orbis vel sphaera, конечно, решают вопрос в том смысле, что в заглавии надо писать «небесных сфер», но в тексте иногда будет яснее, если переводить orbis как «орбита».

В дальнейшем, как правило, orbis мы будем переводить словами «орбита» или «круговая орбита». Орбиту Земли Коперник называет orbis magnus; мы будем переводить это как «Великий круг», поскольку эта терминология уже до некоторой степени установилась. Нужно подчеркнуть, что слово orbis обозначает только круг, несущий планету. В терминологии Коперника не планета движется по орбите, как говорим мы, а, наоборот, орбита движет планету, предполагающуюся на ней неподвижной. Впрочем, делать отсюда вывод, что Коперник считал свои сферы и орбиты материальными, было бы рискованно; против этого говорит уже само смешение слов orbis и sphaera. Просто Коперник пользуется обычной в его время терминологией, не заботясь о ее физическом смысле.

В печатных изданиях De Revolutionibus после заглавия помещается предисловие «К читателю», а также письмо к Копернику кардинала Шонберга. Мы помещаем оба эти документа в комментариях.

«...К читателю.

О предположениях, лежащих в основе этой книги.

Я не сомневаюсь, что после того как распространилась молва о новизне гипотезы, лежащей в основе этой книги, согласно которой Земля движется, а Солнце остается неподвижным в середине мира, некоторые ученые будут сильно поражены и выскажут мнение, что не следует ниспровергать издавна правильно обоснованные свободные искусства. Однако если они захотят как следует обдумать, то обнаружат, что автор этого произведения не совершил ничего, что заслуживало бы порицания.

Действительно, всякому астроному свойственно на основании тщательных и искусных наблюдений составлять повествование о небесных движениях. Затем, поскольку никакой разум не в состоянии исследовать истинные причины или гипотезы этих движений, астроном должен изобрести и разработать хоть какие-нибудь гипотезы, при помощи которых можно было бы на основании принципов геометрии правильно вычислять эти движения как для будущего, так и для прошедшего времени. И то и другое искусный автор этой книги выполнил в совершенстве. Ведь нет необходимости, чтобы эти гипотезы были верными или даже вероятными, достаточно только одного, чтобы они давали сходящийся с наблюдениями способ расчета, если, конечно, предположить, что не будет настолько несведущих в геометрии и оптике людей, которые находили бы правдоподобной гипотезу об эпицикле Венеры и считали бы его как раз причиной того, что эта планета иногда предшествует Солнцу, иногда же следует за ним, удаляясь на расстояние, равное сорока градусам и даже больше. Ведь кто же не видит, что из этого предположения необходимо следует, что в перигее диаметр светила будет казаться более чем в четыре раза, а тело его более чем в шестнадцать раз большими тех, которые являются в апогее, что, однако, противоречит опыту всех времен.

В рассматриваемом учении имеются и другие не менее нелепые вещи, разбирать которые в настоящее время нет никакой надобности. Ведь и так уже достаточно ясно, что наука совсем не знает простых и глубоких причин видимых неравномерных движений. И если она, вымышляя, и придумывает их, а она, конечно, придумывает их в очень большом количестве, то все же она никоим образом не придумает таких, которые могли бы убедить кого-нибудь в том, что именно так дело и обстоит в действительности; она сможет убедить только в том, что эти гипотезы дают правильные основы для расчетов. Поскольку же для объяснения одного и того же движения предоставляются различные гипотезы (как, например, для движения Солнца — эксцентр и эпицикл), то астроном скорее примет ту, которая будет самой легкой для понимания. Философ, вероятно, потребует в большей степени похожую на истину; однако никто из них не сможет ни постичь что-нибудь истинное, ни передать это другим, если это ему не будет сообщено божественным откровением.

Поэтому позволим, чтобы наряду со старыми гипотезами стали известны и эти новые, ничуть не более похожие на истинные; в особенности же по той причине, что они одновременно и удивительны и просты и сопровождаются огромным сокровищем ученейших наблюдений. Во всем же, что касается гипотез, пусть никто не ожидает получить от астрономии чего-нибудь истинного, поскольку она не в состоянии дать что-либо подобное; если же он сочтет истинным то, что придумано для другого употребления, то после такой науки окажется более глупым, чем, когда приступал. Будь здоров!»

Предисловие это не принадлежит Копернику, а вставлено при печатании De Revolutionibus редактором книги А. Осиандером (1498—1552), лютеранским богословом, занимавшимся также математикой. В частности, как говорит Кеплер, Осиандер

переписывался с Коперником и предлагал ему поставить в начале книги предисловие о том, что вся теория его представляет лишь пригодную для вычислений гипотезу. Как утверждает Кеплер, Коперник не согласился на это, но не ссорился с Осиандером. Дело в том, что последний скептически относился не только к гипотезе Коперника, но и вообще ко всем астрономическим теориям; в частности, на это указывают имеющиеся в предисловии возражения против «эпицикла Венеры». Его рассуждения имеют основание: причина, по которой Венера в перигее не кажется более яркой, чем в элонгациях, была открыта только Галилеем (фазы Венеры).

Равным образом Осиандер не выдавал своего предисловия за Коперниково, но надо сказать, что и современники, и позднейшие писатели большей частью считали его принадлежащим Копернику.

Какое впечатление это предисловие произвело на друзей Коперника, можно видеть из следующего письма епископа Кульмского Тидеманна Гизе [1] к Ретику:

«*Иоахиму Ретику.*

Возвращаясь из Кракова с королевской свадьбы, я нашел в Лебау посланные тобой два экземпляра недавно напечатанного труда нашего Коперника, о смерти которого я узнал только приехав в Пруссию. Я мог бы уравновесить боль от кончины собрата и великого мужа чтением книги, которая как будто возвращала мне его к жизни, но уже в самом начале я увидел нарушение доверия или, чтобы сказать правильнее, бесчестность Петрея [2], что возбудило во мне негодование, еще более сильное от первоначальной печали. Как же не возмущаться столь большим преступлением, совершенным под покровом доверия? Я, однако, не знаю, следует ли в этом обвинять самого печатника, зависящего от деятельности других, или какого-нибудь завистника, который в горе, что ему придется расстаться с бывшей профессией, если эта книга сделается известной, воспользовался простотой печатника, для того чтобы уничтожить доверие к этому труду. Чтобы он все-таки не остался безнаказанным за то, что позволил испортить дело чужим обманом, я написал Нюрнбергскому сенату, указывая, что, по моему мнению, следует сделать для восстановления доверия к автору. Я посылаю тебе письмо с копией этого обращения, чтобы ты, когда дело уже сделано, мог бы судить, как следует провести это предприятие, потому что для переговоров с этим сенатом я не вижу никого более пригодного и даже более хотящего, чем ты, который играл роль предводителя хора во всей этой драме, так что ты, по-видимому, не менее самого автора заинтересован в восстановлении того, в чем были отступления от истины. Я усиленно прошу

---

[1] Тидеманн Гизе (1480—1550). Родился в знатной семье г. Данцига. Двенадцати лет уехал в Лейпциг, где поступил в местный университет, в котором получил степень баккалавра. После этого в 1498 г. уехал из Лейпцига и учился в базельском и итальянских университетах. Затем был в Кракове магистром университета и секретарем польского короля. В 1502 или 1504 г. отказался от этой должности и сделался каноником Фромборкского собора (Вармия). Примерно около этого времени начинаются его дружеские отношения с Коперником. С 1510 до 1515 г. был администратором замка Ольштын, которым впоследствии управлял Коперник. В 1532 г. стал заместителем больного епископа Маврикия Фербера и после его смерти (1537) был одним из кандидатов на епископский престол Вармии. После того как на последний был избран Дантиск, сделался (1538) епископом Кульмским, а в 1548 г., после смерти Дантиска,— Вармийским. Умер в 1550 году. Очень много сделал не только для издания труда Коперника, но, как говорит Ретик, в «Похвале Пруссии», был инициатором даже самого написания этого труда.

[2] Петрей — владелец типографии в Нюрнберге, где печаталась книга Коперника.

тебя тщательнейшим образом выполнить все, что касается этого. Если первые листы нужно будет перепечатать, то следует прибавить от тебя предисловьице, чтобы очистить от клеветы уже выпущенные в свет экземпляры. Я хотел бы, чтобы в начале была помещена жизнь автора, которая когда-то была хорошо тобой написана, и я ее читал; я думаю, что в ней не хватает только конца, а именно кончины его, которая от прилива крови и последовавшего паралича правой стороны последовала на девятый день до июньских календ; при этом уже за много дней до этого он лишился памяти и умственных сил и только при последнем издыхании увидел весь свой труд в самый день своей смерти. Ничто не помешает тому, чтобы этот труд считался напечатанным как бы до его смерти; этому не помешают и год и то, что печатник не приписал даты окончания работы. Мне хотелось бы, чтобы ты прибавил также свою статью, в которой ты очень хорошо защитил теорию движения Земли от несогласия ее со священным писанием. Так ты дополнишь том до настоящей величины и исправишь ту неловкость, что в предисловии к своему труду твой наставник ничего не сказал о тебе. Я полагаю, что это произошло не от невнимания к тебе, но от некоторой медлительности и беззаботности (так как он мало обращал внимания на то, что не относилось к философии, в особенности, когда он уже не был здоровым); я хорошо знаю, как высоко он всегда ценил твои труды и помощь для его облегчения.

За то, что ты послал мне экземпляры труда, я много благодарен; они будут мне в качестве вечной памяти не только об авторе, который был всегда мне дорог, но и о тебе, который хорошо играл роль Тезея в его трудах; ты приложил свои заботы и старания и для нашей пользы, чтобы мы не лишились плодов уже законченного труда. И так уже ясно, скольким мы все обязаны тебе за эти старания. Я хотел бы, чтобы ты уведомил меня, послана ли книга святейшему папе; если это еще не сделано, то я сам окажу эту услугу покойному. Будь здоров!»

«*Николай Шонберг*[1]
кардинал Капуанский

Николаю Копернику привет.

Несколько лет тому назад мне все постоянно говорили о твоих высоких качествах и я начал очень высоко ценить тебя и поздравлять наше поколение, среди которого ты цветешь с такой славой. Я узнал, что ты не только великолепно знаешь то, что было изобретено древними математиками, но даже составил новую теорию строения мира, в которой ты учишь, что Земля движется, а Солнце занимает самое глубокое внутреннее место, что восьмое небо остается неподвижным и вечно покоящимся, что Луна вместе со всеми заключенными в ее сфере стихиями расположена между небесами Венеры и Марса и в течение года обращается вокруг Солнца и что ты письменно изложил вся эту теорию астрономии, а также на основании расчетов составил таблицы движения блуж-

---

[1] Николай Шонберг (1472—1537), сын мейссенского дворянина. В юности отправился в Италию и во время прохождения курса юриспруденции в Пизе услышал в 1495 г. проповедь Джироламо Савонаролы, после чего поступил под его начало во флорентийский монастырь Сан Марко. В 1506 г. сделался приором этого монастыря. Принимал деятельное участие в Латеранском соборе. В 1518—1519 гг. Шонберг находился в Польше в качестве апостолического легата в связи с вопросами о турецкой войне и трениях с прусским орденом; однако вряд ли можно считать, что именно в это время он познакомился с Коперником. В дальнейшем Шонберг был деятельным помощником папы Климента VII и ездил во Францию в качестве его посла к королю Франциску I. В 1535 г. папа Павел III сделал его кардиналом. Умер в Риме в 1537 г.

дающих звезд к наибольшему удивлению всех. По этой причине, ученейший муж, если только я не отягощаю тебя, я еще и еще усиленно прошу тебя сообщить это твое изобретение ученым людям и в первую очередь послать мне твои размышления о мировой сфере вместе с таблицами, а также и все относящееся к этому делу, если ты кроме этого имеешь еще что-нибудь. Я поручил Теодорику фон Реден, чтобы все это было бы за мой счет переписано и доставлено ко мне. Если ты выполнишь в этом мое желание, то увидишь, что имел дело с человеком, заботящимся о твоем имени и желающим быть полезным такому гению. Будь здоров!

Рим. Ноябрьские календы, 1536 года».

В приведенном письме интересны два момента. Во-первых, либеральный кардинал не рискует прямо говорить о движении Земли; он употребляет вместо этого иносказательное выражение «Луна вместе со всеми заключенными в ее сфере стихиями». Во-вторых, в письме упоминается Дитрих фон Реден, бывший с 1532 г. эрмландским каноником и первые годы своего каноникaта проводивший много времени в Риме по делам епископства. С вероятностью, близкой к достоверности, можно утверждать, что именно он и способствовал распространению в Риме сведений о теории Коперника, в результате чего при дворе папы Климента VII в 1533 г. состоялся частный доклад о гипотезе Коперника. Этот доклад был сделан известным ориенталистом того времени Альбрехтом Видманштедтом (1506—1557). В 1539 г. фон Реден вернулся во Фрауэнбург, принадлежал к кругу друзей Коперника и был его душеприказчиком. Умер в 1559 г.

О вращениях небесных сфер

1 «Пусть не входит никто, не знающий геометрии»— надпись, помещенная по преданию на дверях Платоновой Академии.

2 Папа Павел III, в миру Александр Фарнезе (род. 1486 г., папа 1537—1549 гг.). В свое время слыл меценатом и даже ученым; известен тем, что в его правление началась контрреформация (орден иезуитов, усиление инквизиции, созыв тридентского собора).

3 ἀκρόαμα — рассказ, повествование.

4 Послание Лисида к Гиппарху. См. конец гл. XI первой книги.

5 Так как письмо папе Павлу III написано в 1542 г., то начало работы Коперника над его теорией обычно определяется 1542—4·9= 1506 годом, когда он уже возвратился из Италии; по исследованиям Биркенмайера, это было в 1504 г. (см. Stromata Copernicana, стр. 193—198).

6 Гомоцентрические круги, собственно говоря сферы,— принадлежащая знаменитому математику древности Евдоксу Книдскому (середина IV в. до н. э.) первая механическая модель планетных движений. Согласно этой модели движение планеты воспроизводилось при помощи ряда сфер одинакового радиуса и с одним и тем же центром. Планета помещалась на поверхности одной сферы, которая вращалась вокруг оси, прикрепленной к другой сфере, которая, в свою очередь, вращалась вокруг оси, прикрепленной к третьей сфере, и т. д. Итальянский астроном и историк науки Дж. Скьяпарелли показал, что при помощи такого механизма можно довольно точно воспроизвести запутанные движения почти всех планет, если надлежащим образом подобрать расположение осей вращения и соответствующие периоды. Недостатком этой модели было то, что планета все время предполагалась остающейся на одном и том же расстоянии от центра Земли, что не соответствует действительности, в особенности для таких планет, как Венера и Марс, сильно меняющих свой блеск.

В дальнейшем стали прибегать к эксцентрическим кругам и эпициклам, впервые предложенным знаменитым математиком Аполлонием Пергским (около 200 г. до н. э.). Эпициклы и эксцентры употреблял и сам Коперник.

[7] Коперник подразумевает под этим так называемые экванты — круги, в которых радиус, проведенный к движущейся по окружности планете, описывал в одинаковые промежутки времени равные углы только в том случае, если он выходил не из центра круга, а из некоторой другой точки. В таком случае движение планеты по окружности круга было, конечно, неравномерным. На несоответствие этого с основными принципами равномерности движения небесных тел указывал еще известный краковский астроном Брудзевский, которого некоторые не совсем правильно считают учителем Коперника по Краковскому университету. Коперник мог слушать только отдельные доклады Брудзевского, но с его произведениями он был, по-видимому, очень хорошо знаком.

[8] Гикет (у Коперника Никет) Сиракузский, упоминаемый Теофрастом (ученик Аристотеля) греческий ученый, объяснявший суточное движение неба вращением Земли.

Перевод цитаты из псевдо-Плутарха: «Другие считают землю неподвижной, но пифагореец Филолай считал, что она обращается около центрального огня по косому кругу совершенно так же, как Солнце и Луна. Гераклид Понтийский и пифагореец Экфант тоже заставляют землю двигаться, но не поступательно, а как бы привязанной вроде колеса, с запада на восток вокруг собственного ее центра».

«Косым кругом» греки называли эклиптику.

[9] Salvare apparentia — соблюсти (сохранить) явления — перевод выражения Платона σώζειν τὰ φαινόμενα в смысле «воспроизвести видимые явления» при помощи некоторой системы движений.

[10] Ματαιολόγοι — пустословы.

[11] Лактанций Фирмиан — церковный писатель (около 300 г. н. э.), известный хорошим стилем своих произведений. Место, на которое ссылается Коперник, находится в его Divinae Institutiones (кн. III, 24). В печатных изданиях Коперника эта фраза обычно выбрасывалась цензурой.

[12] Латеранский церковный собор заседал с 1512 по 1517 г. На соборе была создана специальная комиссия по исправлению летосчисления, председателем которой был разносторонний нидерландский ученый Павел из Миддельбурга в Зеландии (1445—1534), занимавшийся, между прочим, астрономией или, вернее, астрологией. В 1497—1534 гг. Павел был епископом в Фоссомброне (Fossa Sempronii), чем и объясняется его титул у Коперника. Реформа календаря была назначена на рассмотрение в заседании 1 декабря 1514 г., потом была отсрочена до 23 марта и 1 мая 1515 г. В 1513 г. папа Лев X обратился с циркулярным посланием ко всем государям Европы, в частности к королю Сигизмунду I Польскому. В подготовке вопроса принимали участие университеты Вены, Кракова и Тюбингена.

Об официальном приглашении Коперника вряд ли можно говорить; по крайней мере ни в «Актах» Латеранского собора, ни в Ватиканской библиотеке никаких материалов об этом нет. Гассенди в своей биографии Коперника пишет, что к последнему обратились с письмом Павел Миддельбургский и Бернгард Скультети. Последнее имя и объясняет все дело. Скультети — эрмландский каноник, находившийся в Риме в течение 1513, 1514, 1517 гг.— хорошо знал Коперника. Он был капелланом папы Льва X и умер в Риме, во всяком случае до 1520 г.

Встречающееся иногда в биографиях Коперника утверждение, что последний отказался принять участие в работе по исправлению календаря, принадлежит к числу исторических легенд.

Книга первая

[1] Основным источником для установления текста De Revolutionibus является подлинная рукопись Коперника, находившаяся долгое время в Праге в библиотеке графов Ностиц, а в настоящее время переданная Польше и хранящаяся в Кракове в публичной библиотеке. Факсимиле этой рукописи было издано в 1944 г. в Германии. Большая исследовательская работа над манускриптом была проведена известным польским ученым Л. А. Биркенмайером, а также одним из издателей немецкого текста факсимиле Фр. Кубахом. Биркенмайер считает, что текст De Revolutionibus составлялся с постоянными переделками в течение 17 лет (1515—1532), а Кубах, что он написан за очень короткий промежуток времени (примерно 1529—1532 гг.).

Манускрипт имеет 212 листов in quarto, разделенных на тетради, содержащие, как правило, по 10 листов; эти тетради обозначены стоящими в правом нижнем углу буквами от *a* до *t* и затем *v* и *x*. Текст написан почерком, буквы которого очень близки к печатным буквам XV в., и разделен на восемь частей («книг»), которые выделяются тем, что для первой буквы оставлено пустое место, на котором она должна была быть специально нарисована особыми чернилами в виде художественной заставки. Предположительно первоначальное деление на восемь книг было следующим:

Книга первая. Введение (главы I—XI современной первой книги).

Книга вторая. Тригонометрия (главы XII—XIV первой книги).

Книга третья. Суточное вращение (главы I—XIII современной второй книги).

Книга четвертая. Астрономические приборы (гл. XIV второй книги) и каталог звезд.

Книга пятая. Видимое движение Солнца.

Книга шестая. Движение Луны.

Книга седьмая. Движение планет по долготе.

Книга восьмая. Движение планет по широте.

Четыре последние книги совпадают с современными третьей, четвертой, пятой и шестой.

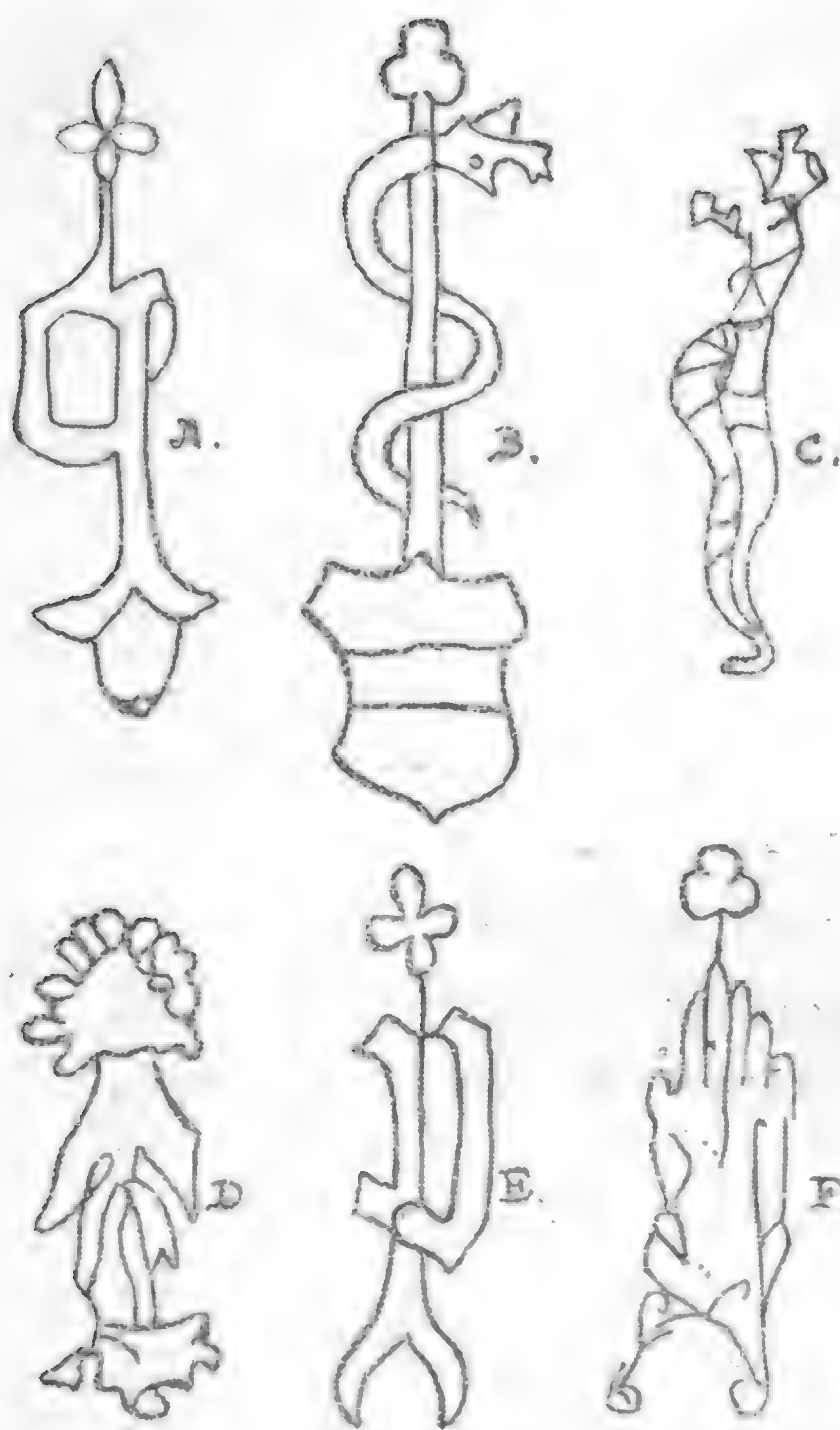
Весь манускрипт написан на бумаге с шестью видами водяных знаков, обозначенных буквами A, B, C, D, E, F, см. рис. на стр. 556. Бумага типа A и B использована для передних листов (вроде обложки) и непосредственного отношения к рукописи Коперника не имеет; на бумаге F написан только один вставной двойной лист (24—25), посвященный концу сферической геометрии. По существу весь текст написан на бумаге типов C, D, E. Как сообщает Биркенмайер, по отзыву польских палеографов, бумага C употреблялась около 1518 г., а бумага E—вплоть до 1538 г.; бумага D, как показывает сама рукопись, относится к времени между указанными границами. В отнесении отдельных листов к тому или другому типу между Биркенмайером и Кубахом есть некоторые расхождения. Существенным является следующее: листы 207—208 (шестая книга) Биркенмайер относит к типу C, а Кубах—к типу E. Это обстоятельство подрывает теорию Биркенмайера, что первоначально весь текст был написан на бумаге C после 1519 г., и лишь потом понемногу заменялся в процессе переработки написанным на бумагах D и E, которые, таким образом, принадлежат к различным стадиям работы Коперника над текстом.

Манускрипт разделяется на следующие части.

1. Тетради *a—e* — книги первая и вторая, кроме каталога.
2. Тетради *f*, *g* — каталог неподвижных звезд.
3. Тетради *h—t* — книги третья и четвертая и почти целиком пятая и шестая.
4. Тетради *v—x* — окончание книг пятой и шестой (новые наблюдения Меркурия и широты Меркурия и Венеры).

Inter multa ac varia literarum artiumque studia: quibus
hominum ingenia vegetantur, ea precipue amplectenda
existimo, summoque prosequenda studio: que in rebus pul-
cerrimis, et scitu dignissimis versantur. Quales sunt
que de divinis mundi revolutionibus: cursuque syderum
magnitudinibus, distantiis: ortu et occasu: caetero-
rumque in caelo apparentium causis, tractant: ac totam
denique formam explicant. Quid autem caelo pulcrius
nempe quod continet pulcra omnia: quod vel ipsa nomina
declarant: Caelum et Mundus. hoc puritatis et ornamenti:
illud caelati appellatione. Ipsum plerique philosophorum ob ni-
miam eius excellentiam, visibilem deum vocarunt. Proinde
si artium dignitates penes suam de qua tractant materiam estimentur
erit hec longe praestantissima: quam alii quidem Astronomiam
alii Astrologiam: multi vero priscorum mathematices consu-
mationem vocant. Ipsa nimirum ingenuarum artium caput: dig-
nissima homini libero: omnibus fere mathematices speciebus
fulcitur. Arithmetica Geometria, Optice, Geodesia, Mecha-
nica et si que sunt alie: omnes ad illam sese conferunt. At
cum omnium bonarum artium sit abstrahere a vitiis: et hominis
mentem ad meliora dirigere: haec praeter incredibilem animi
voluptatem abundantius id prestare potest. Quis enim inherendo
iis que in optimo ordine constituta videat divina dispe-
satione dirigi: assidua eorum contemplatione: et quadam
consuetudine non provocetur ad optima: admireturque opi-
ficem omnium in quo tota felicitas est et omne bonum. Neque
enim frustra divinus ille psaltes delectatum se diceret in factura
dei: et in operibus manuum eius exultaturum: nisi quod hisce
mediis: quasi vehiculo quodam ad summi boni contemplationem
perduceremur. Quantam vero utilitatem et ornamentum Reipub.
conferat (ut privatorum commoda innumerabilia praetereamus)
optime animadvertit Plato. Qui in septimo Legum libro id
maxime expetendam putat ut per eam dierum ordine in menses
et annos digestum tempus in solemnitates quoque et sacrificia vi...

Первая страница манускрипта De Revolutionibus



Водяные знаки бумаги, на которой написана рукопись Коперника

Самой ранней из этих частей является вторая — каталог неподвижных звезд. Время ее написания может быть определено из следующих соображений. В каталоге указаны положения апогеев планет, которые Коперник считал неподвижными, но нет апогея Солнца. Это показывает, что интересующий нас текст написан после 1516 г., когда Коперник установил движение апогея Солнца, но до 1523 г., когда он определил современное ему положение апогея Марса. Первоначально эта часть представляла даже нечто самостоятельное; в конце текста современной второй книги в манускрипте (бумага D и E) имеется несколько чистых листов, подготовленных для помещения каталога, с названиями созвездий, но с незаполненными обозначениями звезд; таким образом, ясно, что Коперник при окончательном составлении манускрипта просто взял старый каталог, оставив незаконченной начатую им работу по составлению нового каталога.

Составление выделенных нами частей 1 и 3, как показывает характер бумаги, шло в известной степени параллельно. Самой ранней была часть, написанная на бумаге типа C, а именно первая половина третьей книги, содержащая теорию прецессии (главы I—XIV). Время ее написания может быть датировано очень точно; на обороте листа 78 (кн. III, 6; торнское изд., стр. 170, строка 23) написано: «Действительно, если за 1819 лет от Тимохара до нас...» Так как наблюдения Тимохара производились в 30 г. после смерти Александра, то нетрудно подсчитать, что Коперник подразумевал 1525 или 1526 г. н. э.

К этому же времени (или, может быть, несколько более раннему) относится и современная первая книга (за исключением гл. XIV, посвященной сферической тригонометрии). Время ее составления (а не написания соответствующей части манускрипта) определяется тем, что в гл. X (торнское изд., стр. 26) наименьшее расстояние от Земли до Луны указывается равным 49 земным радиусам, причем Коперник, исправляя цифру Птолемея (38 радиусов), добавляет: «как будет показано ниже»; в четвертой же книге, специально посвященной Луне и составленной на основании наблюдений 1522—1524 гг., это расстояние оценивается в 52 $^{17}/_{60}$ земных радиусов (торнское изд., гл. XXII, стр. 284, 30). Заканчивая книгу, посвященную Луне, Коперник написал в манускрипте: «Конец пятой книги». Это показывает, что в соответствующий момент в состав сочинения входили современная первая книга, первоначально считавшаяся за две, но, вероятно, без гл. XIV, затем третья и четвертая; из современной второй книги, вероятно, входила только вторая ее часть (гл. XIV и каталог). Что касается написания

первой ее части (главы I—XIII, посвященные суточному движению), то для суждения о времени ее написания мы имеем следующие данные.

В предисловии к таблицам тригонометрических функций (Opus Palatinum) Ретика издатель и ученик Ретика Валентин Ото пишет (Birkenmajer, Mikolaj Kopernik, стр. 377): «Тогда (во время приезда Ретика) Коперник занимался своей книгой «О вращениях» и уже закончил теорию так называемого второго движения, так что более уже ничего не оставалось, кроме теории первого движения [суточного.— *И. В.*]. Коперник вообще решил совсем ее не касаться, но друг его так сильно настаивал на этом, что Коперник уже не мог отказаться. Поэтому, не имея возможности написать ее по книгам, которых у него, как я узнал от Ретика, было очень мало, он сам начал изобретать наиболее удобные доказательства для рассматриваемых теорий... и наконец добился желаемого результата».

На сравнительно позднее написание этой книги можно найти указания и в самом ее тексте. В приведенных в конце гл. III таблицах склонений градусов зодиака (торнское изд., стр. 81 сл.) Коперник поместил столбцы «разностей». При помощи этих разностей можно было учесть влияние изменения наклона эклиптики, который в его время он считал имеющим наименьшую величину, и таким образом добиться того, что рассматриваемые значения склонений и прямых восхождений «в будущем времени могут получаться более точными». Это показывает, что рассматриваемая часть написана после 1525 г., в котором была закончена Коперником теория прецессии (т. е. после современной третьей книги).

На то же самое указывает появление в большом количестве бумаги типа позднего *E*; в интересующих нас тетрадях *c*, *d*, *e* она занимает столько же места, сколько в самой последней тетради *t*.

Очень тесное родство с рассматриваемыми главами второй книги имеет посвященная сферической тригонометрии гл. XIV первой книги; достаточно сравнить чертежи предложений VI, VII и IX этой главы с чертежами, помещенными в гл. III второй книги.

Выделенная нами часть 3 манускрипта заканчивается гл. XXIX пятой книги; кроме того, в нее входят гл. XXXIV пятой книги и первые четыре главы шестой книги (широты верхних планет). Последнее упоминаемое в этой книге наблюдение относится к 12 марта 1529 г.; с другой стороны, относящееся к 1532 г. определение апогея Венеры не вошло в основной текст манускрипта; таким образом, к этому времени вся основная часть манускрипта была уже закончена; следовательно, время написания имеющегося в нашем распоряжении манускрипта Коперника (выделенные нами части 1 и 3) мы можем отнести примерно к промежутку времени между 1525 и 1530 г.

Что касается последней части (тетради *v*, *x*), то время ее написания может быть установлено на основании таких соображений. В «Упсальской записи», содержащей положения апогеев планет, совершенно отсутствуют данные, касающиеся Меркурия. Так как последняя упоминаемая дата, относящаяся к апогею Венеры, является 1532 г., то мы можем заключить, что в это время Коперник еще не располагал современными ему данными наблюдений Меркурия, которые содержатся в гл. XXX пятой книги; следовательно, эта глава (а также ее продолжение— главы XXXI—XXXIII) могла быть написана Коперником только после 1532 г. Гл. XXXIV в первоначальной редакции была последней главой пятой книги; за ней начинается уже шестая книга.

Последняя тетрадь (*x*) посвящена теории движения Венеры и Меркурия по широте (главы V—IX современной шестой книги; в манускрипте номера глав отсутствуют). Для конца шестой книги характерно еще следующее: некоторые ее места, например начало гл. VII и отчасти ее дальнейший текст, представляют настолько точный перевод Птолемея, что на основании последнего можно править

текст, имеющийся в торнском издании. Этот перевод Коперник мог сделать только непосредственно с греческого текста привезенного ему в 1538 г. Ретиком базельского издания Птолемея.

Таким образом, концы пятой (главы XXX—XXXIII, XXXV и XXXVI) и шестой книг представляют наиболее поздние части текста De Revolutionibus, законченные не ранее 1538 г.— времени приезда к Копернику Ретика.

[2] Гл. I Коперника перекликается с гл. II первой книги Птолемея с одной лишь характерной разницей: у Птолемея название главы таково: «О том, что небо имеет сферическое движение»; это, между прочим, является главным доводом Птолемея в пользу сферической формы мира. Коперник, считавший небо неподвижным, естественно, должен был исходить из других предпосылок.

[3] Гл. II Коперника соответствует по содержанию гл. III Птолемея, но имеет более конкретные примеры. Невидимость Канопа, которой нет у Птолемея, взята Коперником у античных авторов. Из чужих рук взято также упоминание о видимости в Италии последней звезды Реки Эридана (Ахернар — α Eridani), потому что в действительности Ахернар в Италии не виден.

[4] В гл. III, не имеющей ничего аналогичного у Птолемея, Коперник сражается со средневековыми теориями, согласно которым земной шар состоял главным образом из воды, а земля лишь с одной стороны выходила над водной поверхностью. Рассуждение Коперника вкратце можно передать так. Естественной формой как земли, так и воды является шар; поэтому и воду и землю мы должны мыслить в виде двух раздельных шаров, имеющих общий центр. Если бы земли было в восемь раз меньше, чем воды, то диаметр земного шара равнялся бы радиусу водного; плавающий таким образом земной шар мог бы еще быть в равновесии, поскольку он «опирался» бы на центр Земли. Но уже меньшего отношения чем 1/8 быть не может: земной шар целиком погрузился бы в воду.

[5] «Тройное» отношение — термин греческой математики, равносильный нашему возведению в третью степень.

[6] Лузитания — прежнее название Португалии.

[7] Уже здесь Коперник говорит лишь о пяти планетах (Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн), не причисляя к ним Солнце и Луну, как это делали раньше.

[8] Замечательны последние слова этой главы, которые одной заключительной строчкой выражают основное различие между системами Птолемея и Коперника.

[9] Гл. V посвящена критике гл. IV первой книги «Альмагеста» («О том, что Земля находится в середине неба»). Важность этой главы заключается в том, что в ней впервые в истории науки высказывается принцип, по которому всякое движение является относительным и не имеет смысла, если нет указания на систему отсчета.

[10] В тексте игра слов: coelum — небо и caelat — украшает резьбой.

[11] Приводимое Коперником геометрическое доказательство представляет несколько более развитый пересказ доказательства Птолемея, помещенного в конце гл. V первой его книги «О том, что Земля является точкой по отношению к небесному миру».

[12] Последние фразы гл. VI (начиная с упоминания об атомах) в первых печатных изданиях опущены, возможно вследствие некоторой неясности. В манускрипте они обведены на полях скобкой. По-видимому, смысл этих фраз заключается в том, что, хотя Земля является точкой по отношению к небу, она все же находится на некотором, хотя и очень малом, расстоянии от центра мира.

[13] Опровергаемые Коперником положения содержатся в гл. VII первой книги «Альмагеста» («О том, что Земля не имеет никакого движения»), а также у Аристотеля (De Coelo, I, 2). Вкладываемые Коперником в уста Птолемею слова «вот уже Земля рассеялась и т. д.» в тексте «Альмагеста» не обнаружены; нечто похожее есть у Аристотеля (De Coelo, кн. II, 14, Bekker, 296 b, 21—25). Последняя фраза относительно облаков имеется у Птолемея.

[14] Вергилий. Энеида, III, 72.

[15] Следует признать, что опровержение Коперником учения о неподвижности Земли не встретило признания у большинства его современников. Даже следующий за Коперником великий датский астроном Тихо Браге, допуская, что все планеты движутся вокруг Солнца, все же считал Землю неподвижной. В течение пятидесяти лет, протекших от выхода в свет De Revolutionibus до эпохи Галилея, теория Коперника не привлекала к себе внимания; ее рассматривали, как говорится в предисловии Осиандера, лишь как математическую схему, не худшую и не лучшую, чем все предшествующие, может быть, лишь более удобную; как таковая она не вызывала возражений даже у представителей церкви.

Объясняется этот факт тем, что теория Коперника стояла в непримиримом противоречии с господствовавшей механической теорией Аристотеля. Согласно этой теории все движения разделялись на естественные и насильственные. Первые совершались сами собой, без приложения посторонних сил. В преходящем подлунном мире естественные движения были прямолинейными, имеющими начало и конец: сюда относилось движение тяжелых тел вниз и легких тел (огня) вверх к сфере огня —«месту» огня; в вечном же небесном подлунном мире и естественные движения были тоже вечными, не имеющими ни начала, ни конца, т. е. круговыми.

Если приписать Земле вращательное движение, то сразу вставал вопрос, каким это движение будет — естественным или насильственным. Считать его совершающимся под действием некоторой силы было бессмысленным: уже давным-давно прошло время, когда думали, что звезды движутся ангелами; если же признать вращение Земли естественным, то получалось непреодолимое противоречие: почему у Земли как целого естественным движением является круговое, а у частей ее — прямолинейное. Найденное Коперником решение, что всякое тело «в своем месте» совершает круговое движение, никого не удовлетворяло, да и не могло удовлетворить. Для того чтобы теория Коперника получила право гражданства, необходимо было переделать механику, и не случайно, что самый пламенный борец за коперниканство — Галилей — был одновременно и одним из создателей современной динамики. В дальнейшем ее развитии естественные движения Аристотеля стали инерционными, как мы называем их теперь; что же касается падения тел и круговых движений светил, то они стали насильственными. Только после создания новой механики теория Коперника перестала быть математической схемой, и церковь сразу это почувствовала, начав бешеную борьбу против коперниканства.

[16] Альпетрагий, точнее аль-Битруджи,— испанский астроном (середина XII в.), ярый противник астрономии Птолемея, сторонник гомоцентрических сфер Евдокса.

[17] Расстояние Луны от Земли в долях земного радиуса было приближенно известно еще Птолемею. Оно определялось непосредственным измерением лунного параллакса с помощью простейших инструментов того времени. Расстояние же Солнца определялось по методу Аристарха из прямоугольного треугольника с вершинами соответственно в центрах Земли, Луны и Солнца во время дихотомии, т. е. строго в моменты первой или последней четверти Луны, когда лунный диск освещен ровно наполовину. При этом измерялось угловое расстояние между Луной и Солнцем. Вследствие большой неуверенности в определении момента дихотомии и грубости измерения углов расстояние Солнца принималось уменьшенным в десятки раз.

[18] Под апсидами здесь понимаются апогей и перигей — наиболее удаленная от Земли и наиболее близкая к ней точки эпицикла, по которому движется планета вокруг своего среднего положения.

[19] Альбатегний Аратский — замечательный харранский астроном аль-Баттани (850—929), производивший свои наблюдения в Ракке на Евфрате («Аратский» образовалось

у Коперника из названия Ракки с добавлением арабского члена — ar-Raqqa). Он заново вычислил элементы орбиты Солнца и первый установил подвижность его апсид.

20 Аверроэс, точнее ибн-Рушд (1126—1198),— знаменитый арабский философ конца XII в., имевший громадное влияние на западноевропейских схоластиков (ср. E. Renan. Averroes et Averroisme). Указанной цитаты в дошедших до нас арабских текстах Аверроэса нет, но соответствующее сочинение в еврейском переводе имеется в венской Национальной библиотеке. Как показал Биркенмайер (Mikolaj Koperinik, I, 94—97), непосредственным информатором Коперника был хорошо знавший еврейский язык и увлекавшийся каббалой Пико делла Мирандола. Соответствующее место находится в его Disputationes Adversus Astrologiam Divinatricem, изданных в Болонье в 1499 г. (кн. X, 4).

21 Прохождение Меркурия и Венеры по диску Солнца вследствие малости этих планет не может наблюдаться невооруженным глазом, и Аверроэс, по всей вероятности, видел солнечное пятно.

22 Определение расстояния Луны от Земли в 49 радиусов Земли, как указал Биркенмайер, имеет большое значение для установления времени написания первой книги De Revolutionibus (см. комментарий 1 к первой книге).

23 Марциан Капелла — латинский писатель второй половины V в. н. э.; оставил сочинение De nuptiis Philologiae et Mercurii, в котором выступающие «семь свободных искусств» делают краткие обзоры соответствующих наук. Цитированное место находится в VIII книге указанного сочинения. Из других латинских писателей следует упомянуть Витрувия (De Architectura, кн. IX, гл. 1, 6) и Макробия (IV в. н. э.) с его Commentarius in Somnium Scipionis (кн. I, 19, 6).

24 «...повернутые вовнутрь апсиды...»— в подлиннике absidas conversas habent. В этом месте Коперник цитирует Плиния (Historia naturalis, кн. II, 17), так что слово «апсиды» нужно понимать в том смысле, который ему придает Плиний, а именно дугу окружности, по которой движется планета. Плиний, объяснив движение верхних планет, переходит к нижним, говоря с гордостью, что их движение является более трудным и до него никем еще не объясненным. Он пишет: «Прежде всего надо сказать, по какой причине планета Венера не удаляется от Солнца более чем на 46 градусов, а Меркурий — более чем на 20, и часто бывают по обе стороны от Солнца на меньшем расстоянии. Обе они имеют обращенные вовнутрь орбиты, так что у них, расположенных ниже Солнца, некоторая часть их кругов находится сверху, как у тех планет, о которых мы говорили выше. И поэтому они не могут отойти далее, так как кривизна их орбит не позволяет большой элонгации». Смысл этих выражений заключается в том, что центром орбит Венеры и Меркурия является Солнце, т. е. эти планеты обращаются вокруг Солнца.

25 Гермес Трисмегист (Трижды величайший) — псевдоним, под именем которого написан ряд мистических произведений в эпоху поздней римской империи.

26 В Аристотелевых «De animalibus» цитируемого выражения нет. Вероятно, Коперника ввел в заблуждение Аверроэс, в трактате которого De Substantia Orbis (Венеция, 1483) говорится (гл. 2, К 7 verso, столб. 2): in libro De Animalibus dixit Aristoteles, quod natura eius [Луны] est unigenea terrae plus, quam caeterarum stellarum.

27 Гелиакическим называется восход светила, совпадающий с восходом Солнца (точнее говоря, несколько опережающий его восход с первыми лучами утренней зари). «Видимым в течение всей ночи» светило бывает, когда его восход совпадает с заходом Солнца или немного запаздывает, совпадая с последними лучами вечерней зари.

28 Наиболее серьезным возражением против гелиоцентрической теории было отсутствие заметных годичных параллаксов у звезд. Коперник здесь ясно объясняет

это удаленностью звезд, по сравнению с которой даже размеры земной орбиты исчезающе малы,— утверждение правильное, но вместе с тем очень смелое, так как из-за этого неизмеримо расширились масштабы Вселенной.

29 Очевидно, Коперник считал, что мерцание звезд происходит оттого, что их свет проходит огромное расстояние между сферой неподвижных звезд и орбитами планет. Теперь мы знаем, что мерцание вызывается неоднородностями земной атмосферы, и если планеты почти не мерцают, то это объясняется тем, что они имеют заметные угловые размеры, а не исчезающе малые, как звезды.

30 Экваториальный круг, в подлиннике aequinoctialis,— равноночный.

31 Здесь поясняется, что если с Земли Солнце проектируется в зодиакальное созвездие Рака, то вследствие диаметральной противоположности направлений Земля — Солнце и Солнце — Земля, Земля на своей орбите находится против противоположного созвездия — Водолея.

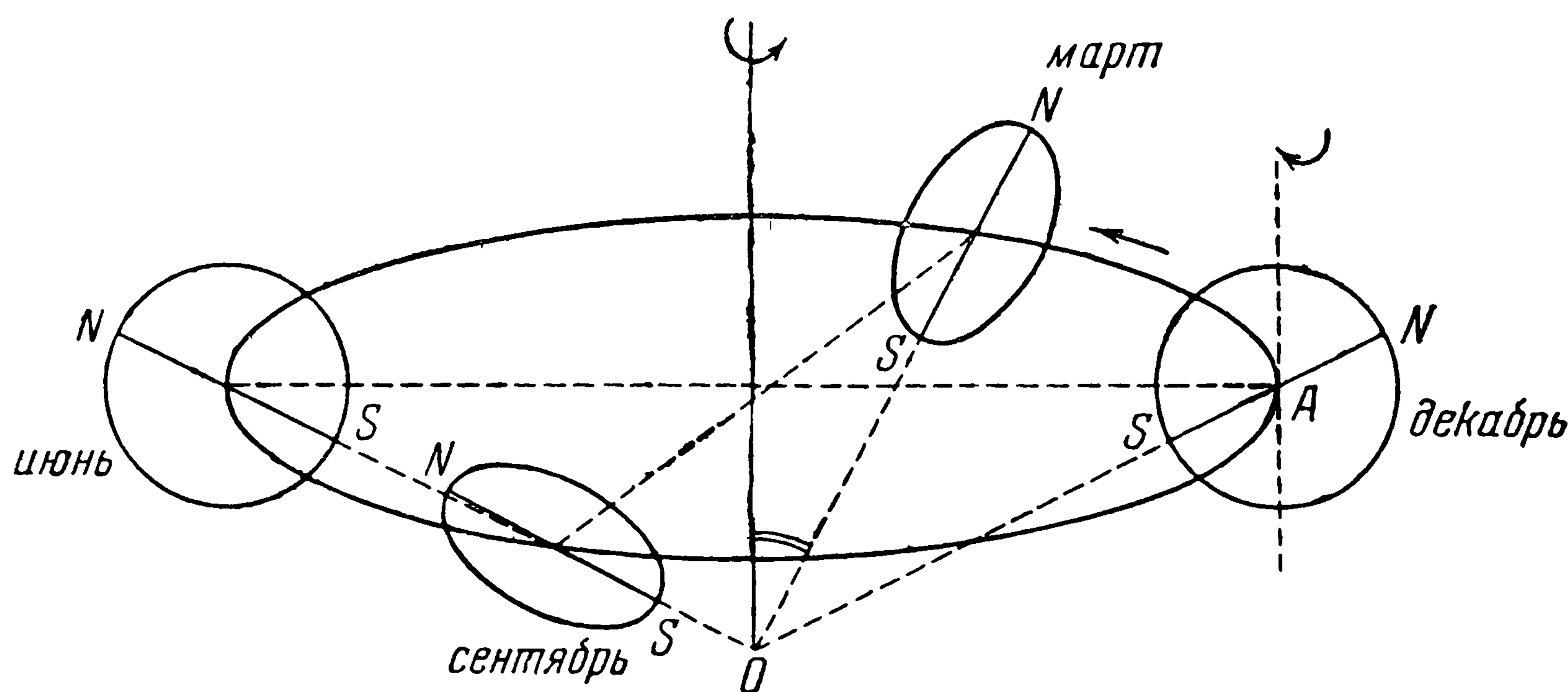


Рис. 1.

32 Важно отметить, что при описании движения Земли Коперник употребляет только вращения, понимая их строго в том смысле, какой установился уже в XIX столетии; в настоящее время мы разлагаем движение Земли на два — вращение вокруг собственной оси (суточное) и обращение вокруг Солнца (годичное); последнее в смысле механики XIX в. является не вращением, а круговым поступательным движением. Коперник заменяет его двумя вращениеми. Первое из них совершается вокруг оси, проходящей через Солнце перпендикулярно эклиптике, с периодом один год. Если бы существовало только одно это вращение, то положение земной оси изменялось бы так, как показано на рис. 1: она все время пересекала бы в одной и той же точке O ось, проходящую через Солнце S. В действительности направление земной оси во время движения остается себе параллельным. Для того чтобы получить это, Коперник вводит еще одно вращение (деклинационное), тоже с годичным периодом, но уже в противоположном направлении. Ось этого вращения проходит через центр Земли A перпендикулярно плоскости эклиптики (рис. 2); в результате этого вращения ось Земли NS описывает вокруг оси вращения коническую поверхность с вершиной A. Комбинация этих двух вращений дает то, что в кинематике XIX в. называется парой вращений, которая, как доказывается в курсах теоретической механики, эквивалентна поступательному движению.

33 Для понимания чертежа Коперника нужно иметь в виду следующее. Круг $gfhi$ представляет сечение Земли плоскостью экватора. В положениях b и d эта

плоскость проходит и через Солнце *e*. Точку *h* надо считать расположенной над плоскостью чертежа и в положении *a* обращенной к Солнцу. Она представляет наивысшую точку земного экватора, причем угол *hae* должен находиться в плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа и проходящей через *ac*; точка *f*, наоборот, лежит под плоскостью чертежа.

[34] Нужно помнить, что Коперник предполагает Землю вращающейся в направлении последовательности знаков вокруг неподвижно соединенной с нею оси, перпендикулярной плоскости чертежа и пересекающей ее в *e*. При этом вращении прямая *fah*, повернувшись на 90°, расположилась бы в плоскости, проходящей через *bd*. Чтобы устранить это и сделать диаметр *fh* в новом положении себе параллельным, Коперник и заставляет его повернуться на 90° в противоположном направлении, т. е. против последовательности знаков. Современному читателю, не всегда отличающему вращение от кругового поступательного движения, приходится сделать некоторое усилие, чтобы понять мысль Коперника.

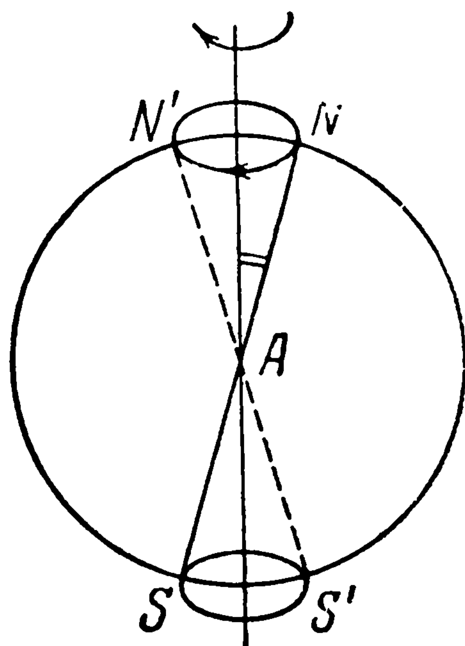


Рис. 2

[35] В подлиннике in eodem libramento manere ac positione consimili. Смысл: ось Земли образует одинаковый угол с плоскостью зодиака и будет всегда сама себе параллельна.

[36] Упомянутым третьим вращением наклонения, или деклинационным, Коперник пользуется для объяснения прецессии (предварения равноденствия), заключающейся в том, что ось Земли действительно описывает коническую поверхность вокруг оси *A* с очень небольшой скоростью (один оборот в 26 000 лет). Для объяснения этого явления Коперник предполагает, что оба последних вращения имеют немного отличающиеся друг от друга угловые скорости; разность этих скоростей и дает требуемую угловую скорость прецессии.

[37] Текст, помещенный в квадратных скобках, не вошел в печатные издания, но имеется в подлинной рукописи Коперника, хотя был им зачеркнут. Им первоначально заканчивалась первая книга всего сочинения.

[38] Аристарх Самосский (около 300 г. до н. э.) — великий астроном древности, впервые выдвинувший ясно выраженную гипотезу о вращении Земли и ее движении вокруг Солнца.

[39] Послание пифагорейца Лисида к Гиппарху, конечно, является апокрифическим и, вероятно, представляет обыкновенное риторическое упражнение на заданную тему, образцы которых довольно часто встречаются в античной литературе поздних периодов (например, в «Жизнеописаниях философов» Диогена Лаэртского).

[40] Конец первой книги Коперника, посвященный тригонометрии, первоначально составлял особую (вторую) книгу в рукописи Коперника. Она даже была отдельно издана Ретиком в Виттенберге в 1542 г. под названием De lateribus et angulis triangulorum tam planorum rectilineorum, tum sphaericorum libellus eruditissimus et utilissimus cum ad plerasque Ptolemaei demonstrationes intelligendas, tum vero ad alia multa, scriptus a clarissimo et doctissimo viro D. Nicolao Copernico Toronensi (О сторонах и углах треугольников как плоских прямолинейных, так и сферических. Ученейшая и полезнейшая книжечка как для понимания большей части доказательств Птолемея, так и для многого другого. Написана славнейшим и ученейшим мужем господином Николаем Коперником из Торна).

Вначале помещено следующее предисловие Ретика.

«Выдающемуся своими знаниями и доблестью
Георгу Гартманну из Нюрнберга
Иоахим Ретик

Созерцая непостоянство судеб человеческих, разные смертные случаи великих людей и изменения царств и оплакивая слабость человеческого рода, я больше всего огорчаюсь тем, что судьба оказалась жестокой даже для наук, данных человеческому роду божественным изволением. Когда-то математикой занимались в высшей степени много, вся наука была построена от самого основания с удивительным остроумием и бог указывал основные начала и направлял умы мастеров этого дела; тогда эта наука была на самом виду, удостоиваясь великой чести. Потом в течение многих веков лежала она покрытая мраком, может быть, потому, что в этой последней старости мира весь земной круг по каким-то велениям судьбы был подавлен под властью варваров. Но так как полезные для жизни искусства являются главными дарами бога, то само дело показывает, что не человеческими силами, а некоторыми особыми божьими благодеяниями эти искусства как бы хранились и, наконец, снова вспыхнули пламенем, чтобы полностью не исчезнуть. Но даже после их возрождения с людьми случилось то, что, как говорят, Пифагор сказал о гармонии небесных движений, а именно, что она производит сладчайшие звуки, но мы не слышим их, пренебрегая ими, как привычными; точно так же глухие люди не слышат и не стремятся созерцать божественно нам возвращенные искусства. И как скучными нам становятся все наличные блага, так мы легко относимся и к этой науке, хотя каждый день пользуемся ее благодеяниями. Какой был бы мрак в жизни, если бы у нас не было исчисления времени ни в истории, ни в религиях, ни в гражданских делах. Если бы у нас не существовало науки о числах, то была бы бесконечная смута в законных договорах. Вся архитектура вышла из геометрии, которая содержит много других полезных вещей для измерения объемов тел.

Так вот, когда у нас в руках такие благодеяния, их источниками пренебрегают, а многие даже относятся к ним с гордым презрением. Поэтому мы должны быть очень благодарны тем добрым людям, которые при таком презрении к этой науке по своей воле предпринимают работы и входят в расходы для возделывания этих божественных наук и их сохранения для пользы государства. Но так как у нас подобные полезные вещи издаются и украшаются, то я счел нужным в свою очередь украсить тебя этим даром, который, я не сомневаюсь, придется тебе очень по нраву. Ты ведь знаешь, что учение о треугольниках имеет очень большое число применений как в других геометрических вопросах, так и главным образом в астрономии; поэтому к нему часто прибегает и Птолемей. Хотел бы я, чтобы воскресли древние Менелай и Феодосий! Недавно были изданы исследования Региомонтана, но славнейший и ученейший муж господин Николай Коперник еще задолго до того, как мог увидеть эту книгу, во время своей работы над объяснением Птолемея и подготовкой учения о небесных движениях написал в высшей степени ученейшее сочинение о треугольниках. Я знаю, что ты будешь удивляться этому произведению, когда увидишь, сколько предметов и как искусно он сумел охватить.

А то, что я издаю это произведение уже в настоящее время, объясняется тем, что при изложении Птолемея нам понадобилась теория треугольников; я посвятил этот труд тебе, чтобы побудить тебя издать, если у тебя что-нибудь есть по этому вопросу, будет ли оно старым или совсем недавним. К этому присоединяется еще то, что, как я слышал, ты в Риме был дружен с братом автора. Но у тебя, ученейшего человека, есть причины и большие этой, чтобы любить автора, а именно его острейший ум и такую громадную начитанность как в других науках, так и главным образом в учении о небе, что его можно сравнить

с величайшими мастерами древности. Мы должны быть благодарны нашей эпохе за то, что уцелел такой мастер, который побуждает других и помогает им в занятиях. Я считаю, что со мной в жизни не случилось ничего лучшего, чем знакомство с таким великим и ученым мужем. И если когда-нибудь мои труды в этом роде будут полезны государству (а мы должны стараться для его пользы), то это признание мне хочется отнести на счет этого доктора. Поэтому, зная, что это исследование очень талантливо написано, я очень ценю его по памяти к автору и хотел бы, чтобы ты как следует насладился этим даром. Будь здоров!»

41 «...несоизмеримо линейно, а чаще даже и в квадратах...» — несоизмеримыми являются и сами эти числа и их квадраты. Например, $\sin 60° = \sqrt{3}/2$ будет соизмеримым в квадратах ($\sin^2 60° = 3/4$).

42 Гл. I тригонометрии Коперника представляет очень близкое изложение гл. IX первой книги Птолемея. У последнего также вначале дается определение сторон правильного пятиугольника и десятиугольника с применением деления в крайнем и среднем отношении (теорема 1 Коперника). Затем идет знаменитая теорема Птолемея, которая в современном обозначении запишется так:

$$ac \cdot bd = ad \cdot bc + ab \cdot dc$$

(на чертеже к теореме 2 Коперника те же буквы, что и у Птолемея). После этого излагаются теоремы, соответствующие предложениям 3, 4, 5 Коперника. Теорема 6 Коперника воспроизводит следующее за этим предложение Птолемея с тем же доказательством.

43 ἡ εἰσαγωγόον — вводная, вступительная.

44 В конце доказательства Птолемея — Коперника используются вышедшие у нас из употребления обозначения производных пропорций. Современная запись была бы следующей:

$$\frac{\angle edf}{\angle ade} > \frac{ef}{ae}.$$

После этого применяется операция композиции (συνθέντι,— у Коперника — coniunctim)

$$\frac{\angle edf + \angle ade}{\angle ade} = \frac{\angle fda}{\angle ade} > \frac{ef + ae}{ae} = \frac{af}{ae}.$$

Затем к равенству

$$\frac{\angle cda}{\angle ade} > \frac{ac}{ae}$$

применяется операция выделения (διελόντι, или dirimendo, у Коперника — divisim)

$$\frac{\angle cda - \angle ade}{\angle ade} = \frac{\angle cde}{\angle ade} > \frac{ac - ae}{ae} = \frac{ce}{ae}.$$

45 В рассматриваемой задаче у Коперника и у Птолемея производится определение синуса одного градуса. Методика определения одна и та же, но у Птолемея отсутствует фраза, которой открывается доказательство у Коперника, фраза, равносильная современной формуле

$$\lim_{x \to 0} \frac{\sin x}{x} = 1.$$

46 Как и у Птолемея, глава Коперника заканчивается тригонометрической таблицей. Разница заключается лишь в том, что Птолемей проводит вычисления в шести-

десятеричных вавилонских дробях, а Коперник пользуется десятичной системой, и далее Птолемей приводит хорды для данной дуги, а Коперник — полухорду удвоенной дуги, равносильную нашему синусу.

Характерно, что термином «синус» Коперник никогда не пользуется, хотя в Западной Европе он употреблялся еще до Коперника. Объясняется это, конечно, тем, что Коперник, по крайней мере по форме, придерживался античных образцов.

Для сравнения точности таблиц Коперника и Птолемея приведем величину $\sin 30'$.

Коперник: $\sin 30' = 0{,}00873$;

Птолемей: $\sin 30' = 0;\ 0{,}31{,}25 = \frac{31}{60^2} + \frac{25}{60^3} = 0{,}0087268$;

Точное значение: $\sin 30' = \frac{\pi}{360} = 0{,}00872665\ldots$

Возникает вопрос, вычислял ли Коперник свои таблицы самостоятельно или просто пересчитал птолемеевские. Окончательное решение этого вопроса можно было бы конечно, найти, если бы мы имели экземпляр Птолемея, или, вернее, его латинского перевода (изд. 1514 г.), которым пользовался Коперник. Более вероятно, однако, что таблицы Коперника вычислены им самостоятельно. За это говорит, кроме несколько меньшей точности, и то обстоятельство, что его таблицы построены с интервалами в 10′, тогда как птолемеевские — с интервалами в полградуса, т. е. при переходе на синусы — в 15′.

В заголовке третьего столбца термином «разности» (Differentiae, как стоит в печатных изданиях) переводится «Unius gradus partes» — «части одного градуса», как стоит в манускрипте. Левые числа этого столбца содержат значения, имеющиеся в манускрипте.

47 В манускрипте нумерация предложений отсутствует. Предложение 1 равносильно нашей теореме синусов:

$$\frac{\sin A}{BC} = \frac{\sin B}{AC} = \frac{\sin C}{AB}.$$

48 «...в градусах, 360 которых равны двум прямым...» В древности был также распространен способ измерения углов, по которому два прямых угла составляли 360°, так как три угла вписанного в окружность треугольника стягивались дугами, заполнявшими всю окружность.

49 «...способом построения таблицы...» (в подлиннике ratio canonis). Действительно, какой-нибудь катет, например ab, будет удвоенной хордой удвоенного угла C, вершина которого находится в центре — середине гипотенузы bc, а для таких углов вся окружность, или четыре прямых угла, принимается равной 360°, чем и вызвано несколько удивляющее нас окончание фразы «...180 которых равняются двум прямым».

50 В подлиннике qua ratione data dantur quomodo libet magnitudine. Вместо dantur читаю в единственном числе datur. Смысл: по заданному отношению cb к ab или ac она может быть выражена в тех единицах, в которых выражены ab и ac.

Интересно отметить, что от внимания Коперника, определявшего углы по синусам, ускользнул случай, когда рассматриваемая задача имеет два решения.

51 Среди разобранных Коперником случаев решения треугольников мы не находим самого легкого — по двум заданным углам и стороне, может быть, как раз из-за его легкости.

52 Эта глава, посвященная сферической тригонометрии, перерабатывалась Коперником несколько раз, причем изменялся порядок предложений, как можно видеть

по стоящим на полях рукописи числовым и буквенным обозначениям предложений. Первые пять предложений сохраняли свое место все время. Затем в первоначальной редакции шли в качестве VI и VII нынешние XI и XII. После них в качестве VIII—XII шли предложения VI—X, составлявшие законченную группу, по содержанию тесно связанную с второй книгой (достаточно сравнить чертежи этих предложений с помещенными в гл. III второй книги). XII (теперь X) предложение первоначально заканчивало книгу. Во второй редакции XI и XII предложения получили свое настоящее место, и к ним было добавлено XIII предложение в его первой редакции, зачеркнутой в манускрипте. Наконец, уже позже на особых вставных листах (24 и 25) была добавлена окончательная редакция XIII предложения, которым Коперник хотел закончить книгу, а затем XIV и XV предложения, причем первоначально порядок двух последних был обратным.

У Птолемея сферическая тригонометрия занимает гл. XI первой книги, причем изложение материала существенно отличается от принятого Коперником.

[53] Это теорема синусов для сферического прямоугольного треугольника. В нашей формулировке при обозначениях чертежа Коперника мы получим

$$\frac{\sin ab}{\sin bc} = \frac{\sin acb}{\sin bac},$$

или, так как угол c прямой,

$$\frac{\sin ab}{\sin bc} = \frac{1}{\sin bac}.$$

[54] «... в задней плоскости ...» (in subiecto plano) — в плоскости aef.

[55] В современной формулировке доказательство может быть проведено так:

$$\frac{\sin bf}{\sin ef} = \frac{1}{\sin ebf}. \qquad (1)$$

Аналогично из треугольников edc и abc имеем

$$\frac{\sin de}{\sin ebc} = \frac{\sin c}{1}, \qquad \frac{\sin ab}{\sin bc} = \frac{\sin c}{1}.$$

Отсюда

$$\frac{\sin de}{\sin ab} = \frac{\sin ebc}{\sin cb}. \qquad (2)$$

Из треугольников abc и ebf получаем

$$\frac{\sin cb}{\sin ca} = \frac{1}{\sin cba}, \qquad \frac{\sin bf}{\sin ef} = \frac{1}{\sin ebf}$$

и

$$\frac{\sin cb}{\sin ca} = \frac{\sin bf}{\sin ef}. \qquad (3)$$

Вместо последней формулы проще было бы написать по теореме синусов из треугольника abc

$$\frac{\sin ca}{\sin ab} = \frac{\sin b}{\sin c}.$$

То обстоятельство, что Коперник этого не сделал, показывает, что он, как видно из формулировки предложения III, применял теорему синусов только тогда, когда в одну сторону пропорции входил прямой угол.

[56] Имеем из треугольника *abc*

$$\frac{\sin ca}{\sin cb} = \frac{\sin abc}{1},$$

а из треугольников *adf* и *bef*

$$\frac{\sin ad}{\sin fba} = \frac{\sin f}{1}, \qquad \frac{\sin be}{\sin fb} = \frac{\sin f}{1},$$

откуда

$$\frac{\sin ad}{\sin be} = \frac{\sin abf}{\sin bf}.$$

Так как $\sin bf = \cos ab$, то после определения *ab* задача сводится к предыдущему случаю.

[57] Из условий задания совершенно не следует, что стороны *ad* и *ce* лежат на одном большом круге, как это сделано на чертеже Коперника. Разгадка этого заключается в следующем. Коперник, собирая для настоящей главы материал, взял из гл. III второй книги Птолемея чертеж, где рассматривались взаимные пересечения каких-нибудь двух основных астрономических кругов — экватора, эклиптики и горизонта. Круг *abcf* представляет меридиан, а *ac* и *gl*— круги или эклиптики с горизонтом, или экватора с горизонтом (см. De Revolutionibus, кн. II, 3). Это указывает на тесную связь рассматриваемой гл. XIV с первой половиной следующей книги.

[58] «...если «обернуть» отношения...»— т. е. из пропорции $a/b = c/d$ получить пропорцию $b/a = d/c$. Эта операция в античной математике называлась ἀνάπαλιν, или convertendo (у Коперника — conversim).

[59] Строки, стоящие в квадратных скобках, имеются только в рукописи, но зачеркнуты. По-видимому, Коперник подходил к сознанию того факта, что в соответственном случае решения треугольников могут существовать и два различных ответа. Однако формулировка следующей теоремы показывает, что вопрос этот так и остался для него невыясненным.

[60] Все рассуждения Коперника верны, кроме окончательного, так как может случиться, что точки *h* и *k* будут расположены так, что одна из них будет лежать внутри отрезка *gn*, а другая — вне отрезка *ml*; тогда из равенства $dn = me$ уже нельзя будет утверждать, что $ad = ec$. Эта теорема связана со второй книгой (см. гл. III ее).

[61] В первой редакции эта теорема шла XII и последней, на что указывают стоящие в манускрипте после нее слова:

«Сказанного выше о сферических треугольниках будет достаточно для нас, спешащих к нашей цели, от которой мы удалились».

[62] В первой редакции XI предложение шло вслед за IV и V предложениями, рассматривавшими решение прямоугольных треугольников. Во второй редакции Коперник вначале поставил группу предложений (6—10), рассматривающих равенство косоугольных треугольников; теорема 9 первоначально стояла после рассматриваемого предложения.

[63] Рассуждения Коперника опираются на предположение, что дуга *be* лежит внутри треугольника *afd*, но она может оказаться и вне его; тогда мы будем иметь второе возможное решение.

[64] После этого в манускрипте помещена первая редакция предложения XIII, позднее зачеркнутая.

«XIII. Наконец, в треугольнике со всеми данными сторонами будут даны и углы.

Пусть в треугольнике *abc* на поверхности сферы даны все стороны; я утверждаю, что также даны и все углы.

Взяв центр *d* сферы, проведем *ad*, *bd*, и *cd* — общие линии сечения рассматриваемых кругов. К линии *ad* восставим под прямыми углами *be* и *cf*, затем *fg* до *bd* и соединим *c* и *g*. После этих предварительных построений очевидно, что *eb* будет полухордой удвоенной дуги *ab*, выраженной в частях, каких в *bd* предполагается 100 тысяч. Подобным же образом *fc* будет полухордой удвоенной дуги *ac*; следовательно, *cf* дается в таких же частях, 100 тысяч которых составляют *cd*, равную *bd*.

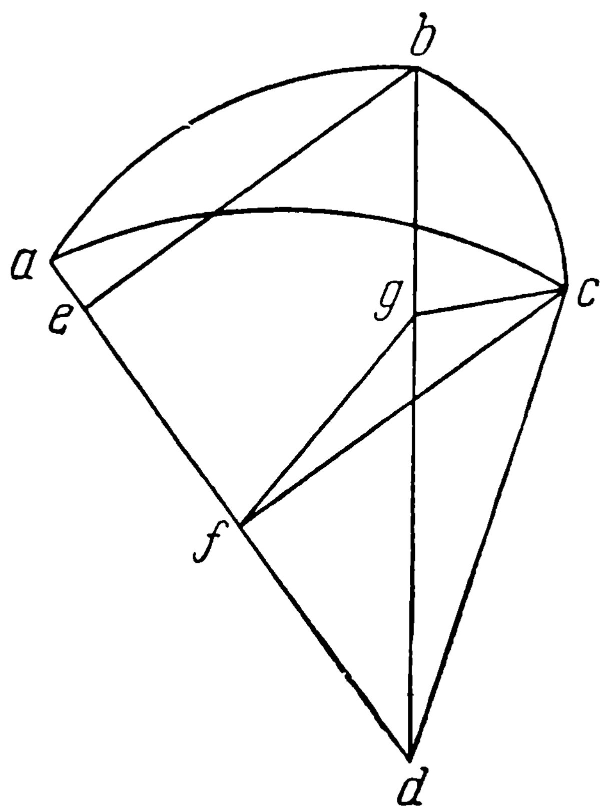


Рис. 3

Треугольники же *bed* и *gfd* будут с равными углами, так как угол *fdg* общий, заданный в обоих треугольниках дугой *ab*, а углы *e* и *f* оба прямые. Следовательно, они будут с пропорциональными сторонами: как *de* относится к *be*, так и *df* к *fg*, но *ed* и *df* даны в частях, каких в *bd* или *cd* содержится по 100 тысяч, так как остальные углы *ebg* и *fcd* даны. И произведение *ed* на *fg* равно произведению *df* на *eb*; следовательно, *fg* определится в таких же частях, в каких была дана *cf*. Так же определяется и последняя сторона *dg*. И так как в треугольнике *dcg* даны две стороны *dg* и *dc* вместе с углом *cdg* при помощи данной дуги *bc*, то на основании четвертого предложения о плоских треугольниках определится и третья сторона *cg*. Отсюда получается, что в треугольнике *cgf* с данными сторонами на основании последнего предложения о плоских треугольниках определится угол *cfg*, и это будет угол *bac* сечения обеих дуг, получив который определим все остальные углы на основании предложения VI этой главы».

[65] Вторая редакция предложения XIII заканчивалась следующим замечанием.

«Все найденное выше относительно треугольников вполне достаточно для нас, спешащих вернуться к нашей цели, от которой мы отклонились. И все касающееся сферических треугольников изложено нами короче и проще, чем у других [Коперник зачеркнул первоначально стоявшие слова «у Птолемея»], которые получали это при помощи многократного применения композиции и выделения отношений. Все это имеет неисчислимые применения не только в нашей науке, но и в космографии при определении расстояний между пунктами и их географического положения».

[66] Вторая редакция предложения XIII и два последних (XIV и XV) были написаны Коперником на особом листе (бумага *F*) и вклеены в рукопись. Они касаются случая решения сферического треугольника по трем данным углам, причем предложение XIV, являющееся планиметрической леммой, первоначально стояло самым последним. В манускрипте у обеих теорем были поставлены (и потом зачеркнуты) буквы *F* (шестая) и *G* (седьмая); это показывает, что Коперник первоначально хотел поместить их в качестве шестой и седьмой.

Оба случая решения сферических треугольников по трем сторонам (предложение XIII) и трем углам были еще до Коперника разобраны Региомонтаном, произведение которого было напечатано лишь в 1533 г., через семьдесят лет после смерти Региомонтана. Решения обеих задач, данные Коперником, отличаются

от решений Региомонтана и являются несколько более простыми. Однако нельзя отрицать, что Коперник в конце своей жизни был знаком с произведением Региомонтана, экземпляр которого, весьма вероятно, был подарен ему Ретиком. Во всяком случае последний в предисловии к своему Opus Palatinum пишет: «Птолемею подражал Коперник — чудо нашего века. Подобно тому как Птолемей приспособил необходимое для своего произведения из Менелая, так с подобными же искусством и краткостью Коперник взял из Птолемея и Иоанна Региомонтана все, что он счел необходимым для понимания своего труда». Однако упрекать Коперника в плагиате, как это сделал учитель Ретика Шонер, конечно, несправедливо.

[67] После слов «радиус *deb*» в рукописи стояло (потом было зачеркнуто):

«В этих же единицах при помощи композиции и выделения определятся *ae* и *ec*, а затем обратно *af* и *cg*. Так как последние являются как бы полухордами удвоенных дуг *ab* и *bc*, то по таблице мы найдем и самые дуги *ab*, *bc*, что и требовалось доказать».

[68] После слов «до полуокружности» в рукописи было прибавлено, а потом зачеркнуто:

«Итак, в треугольнике *edk* даны две стороны *ek*, *kd* и угол *ekd* — прямой; значит, будет дан также и угол *dek*».

[69] В первом варианте этого предложения рассматривался и случай, когда прямая *ad* попадала вне треугольника, вследствие чего были сделаны следующие зачеркнутые потом вставки:

а) после слов «сама *ad* попадет внутрь треугольника» было написано «или вне его, что произойдет»;

б) перед словами «Теперь, дополнив четверти окружности» стояло: «Итак, пусть она попадет сначала внутрь треугольника; так как треугольники *abd* и *acd* оба имеют при *d* прямые углы, то отношение полухорды *ab* к половине стягивающей *ad* будет таким же, как отношение радиуса сферы к половине стягивающей удвоенную *ad*».

в) после заключительных слов «и всю *bc*» стояло «Если *ad* попадет вне треугольника, как показано на следующем чертеже, то рассуждение идет совершенно так же» (рис. 4).

Рис. 4

Книга вторая

[1] Настоящая вторая книга первоначально состояла из двух книг: в первую входили первые тринадцать глав, а во вторую — четырнадцатая, служившая как бы прологом к следующей книге, содержавшей каталог неподвижных звезд. Первая часть была написана значительно позже второй, может быть даже во время приезда Ретика (1538 г.), тогда как вторая, наоборот, является самой ранней по написанию частью манускрипта Коперника. То обстоятельство, что в ней имеются координаты апогеев планет, но нет положения апогея Солнца, показывает, что она была написана после 1516 г. (установление движения линии апсид Солнца), но до 1523 г., когда Коперник определил современное ему положение линии апсид Марса, отличающееся от птолемеевского. В печатных изданиях все эти указания выброшены: это показывает, что мы имеем дело не с копией, а именно с первоначальным текстом этой части сочинения, которая, может быть, даже имела вполне самостоятельное назначение. На это указывает то обстоятельство, что в каталоге все рубрики обведены красными чернилами, тогда как в остальных частях книги места заглавных букв, которые было предположено рисовать красными чернилами, остались

незаполненными. Кроме того, в конце тетради g последний лист содержит зачеркнутые таблицы аномалии Солнца, которые позже были помещены в другом месте. Это невольно заставляет думать о том, что Коперник первоначально предполагал издать только одни таблицы без теоретического текста; возможно, что каталог представляет остаток этого не приведенного в исполнение намерение Коперника.

В рукописи первая фраза была: «...Итак, после того как в первой книге мы изложили вообще три движения Земли...». Слова «в первой книге» были потом зачеркнуты; текст изданий дает «в предшествующей книге».

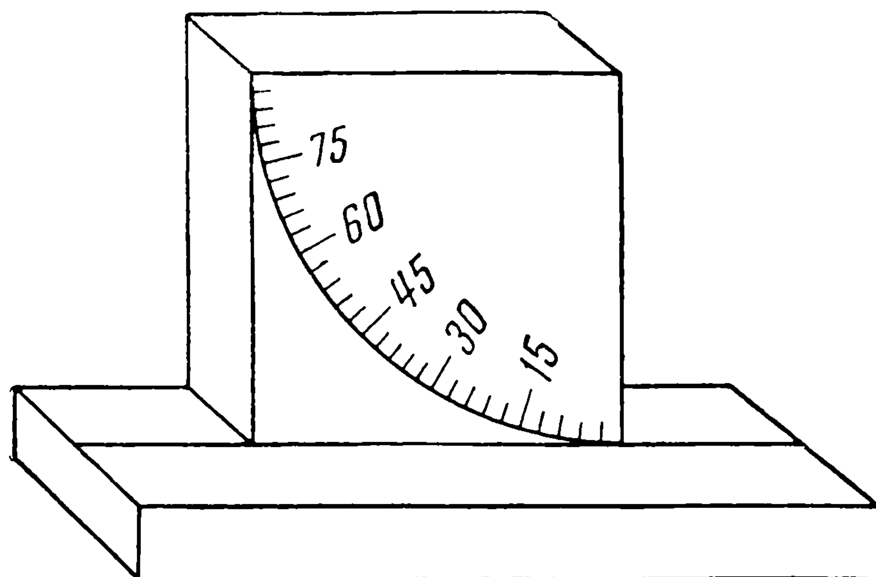


Рис. 5

[3] После слов «известные под многими именами» в рукописи Коперника стояли зачеркнутые потом слова «и время является мерой движения» — известное определение времени у Аристотеля.

[4] Парафраз из Лукреция, IV, 387 сл. (Ф. А. Петровский).

[5] Равноденственным кругом Коперник называет экватор.

[6] Здесь вновь подчеркивается исчезающая малость размеров земной орбиты по сравнению с радиусом сферы «неподвижных звезд», что вытекает из невозможности обнаружения годичных параллаксов звезд.

[7] Прокл Диадох (411—485) — представитель афинской школы неоплатоников V в. н. э., автор «Сферы», служившей в средние века основным учебником сферической астрономии, а также комментария к первой книге «Начал» Евклида.

[8] Эратосфен Киренский (275—195 г. до н. э.) — разносторонний александрийский ученый, впервые измеривший радиус земного шара и положивший начало математической географии и хронологии.

Посидоний Родосский (135—51 г. до н. э.) — стоик, писавший о многих предметах (история, астрономия, география, философия и др.). Его сочинения до нас не дошли, но некоторое представление о них мы можем составить по отрывкам и упоминаниям у других авторов. В частности, космографические идеи Посидония восстанавливаются по первой и второй книге «Географии» Страбона.

[9] Излагаемый в гл. II материал восходит к гл. X первой книги «Альмагеста» Птолемея.

Описанный у Птолемея прибор изображен на рис. 5.

[10] Гидроскопий и хоробат — очевидно уровни, первый с водной поверхностью, а второй, вероятно, с отвесом.

[11] Строго говоря, описанный метод дает правильное направление полуденной линии лишь во время летнего и зимнего солнцестояний, так как в другое время его точность снижается вследствие изменения склонения Солнца.

[12] Гиппарх — знаменитый астроном древности. Родился около 190 г. до н. э. в Никее (Вифиния), с 161 до 127 г. проводил наблюдения на о-ве Родосе. Автор большого звездного каталога (1028 звезд); при сравнении с наблюдениями звезд, сделенными за 150 лет до него александрийскими астрономами Аристиллом и Тимохаром, установил, что долготы звезд изменились примерно на 2°; таким образом, была открыта прецессия, величину которой Гиппарх определил точнее, чем после него Птолемей (1° в 75 лет, а не 100, как у последнего). Он также определил элементы солнечной орбиты, использовав наблюдения вавилонских астрономов, и ввел в обиход эксцентрический круг.

[13] Это было сделано Коперником в следующей (третьей) книге его сочинения, которая поэтому должна была быть написана ранее, чем рассматриваемый текст второй книги.

[14] Гл. III соответствует гл. XII первой книги Птолемея «О дугах, заключенных между экватором и эклиптикой»; даже буквы на чертеже Коперника почти те же самые, что и на соответствующем чертеже Птолемея, только у Птолемея *ace* — дуга экватора, а *bed*— дуга эклиптики; все вычисления и у Птолемея и у Коперника производятся для дуги в 30°.

Формула Коперника в нашем обозначении будет

$$\frac{\sin eg}{\sin gh} = \frac{\sin 90°}{\sin aeg},$$

откуда

$$\sin gh = \sin eg \cdot \sin aeg = \sin 30° \cdot \sin \varepsilon,$$

где ε — угол наклона эклиптики к экватору (23°28′).

[15] Для треугольника *afg* получаем

$$\frac{\sin fg}{\sin ag} = \frac{\sin fgh}{\sin bh},$$

откуда, так как *fgh* составляет четверть окружности,

$$\sin bh = \frac{\sin ag}{\sin fg}.$$

[16] Определение угла *agf* производится по формуле

$$\frac{\sin gf}{\sin af} = \frac{\sin fgh}{\sin agf},$$

откуда

$$\sin agf = \frac{\sin af}{\sin gf}.$$

В тексте неверно: $af = 64°30'$.

[17] Этот угол равняется дополнению угла наклона эклиптики до прямого. В печатных изданиях добавлено, что эта величина соответствует минимальному углу наклона зодиака.

[18] В рукописи Коперника здесь вместо слов «шестой» и ниже «восьмой» стоят соответственно «девятой» и «одиннадцатой». Это показывает, что глава о сферической тригонометрии (кн. I, 14) была переработана впервые позже написания рассматриваемого места.

[19] В манускрипте, а также торнском издании ошибочно *da* и *db*.

[20] Третий столбец учитывает изменения наклона эклиптики; 24′, о которых говорится в тексте, представляют разность между наибольшим 23°52′ и наименьшим 23°28′ наклонами эклиптики.

[21] Помещенные в скобках слова в манускрипте отсутствуют.

[22] Как показывает нижестоящая таблица прямых восхождений, максимальная разность, соответствующая долготе в 45°, составляет всего 6′, т. е. 1/10°. За один час времени проходят 15° прямого восхождения; следовательно, максимальная разность для промежутка времени в один час составит $1/15 \cdot 1/10 = 1/150$ часть часа, т. е. 2/5′.

[23] «⟨Градусами⟩ времени» мы переводим стоящие у Коперника слова tempora (времена), т. е. градусы экватора.

[24] После слов «добавить и ее» в манускрипте стоят позднее зачеркнутые слова: «Все это вычислено для наименьшего наклона, к которому мы, по-видимому, очень скоро приблизимся». Далее в манускрипте идут три страницы таблиц. Последний абзац настоящей главы (ошибочно зачеркнутый Коперником) помещен на обороте последнего листа с третьей таблицей. После него в качестве гл. IV шла первая редакция (тоже зачеркнутая) главы «О сечениях горизонта».

[25] Это место показывает, что интересующая нас часть второй книги написана после завершения теории прецессии, т. е. после 1525 г.

Слова последней фразы надо понимать так, что в настоящее время в этих поправках нет особой необходимости, но они понадобятся при возрастании наклона в дальнейшем, для того чтобы получать более точные значения.

[26] У Птолемея имеется только одна таблица склонений и, естественно, без разностей, учитывающих изменение наклона эклиптики.

[27] Как можно видеть из манускрипта, эта глава была вставлена Коперником несколько позже после зачеркнутой первой редакции настоящей гл. V.

«...круга и проходящего по средней линии зодиака...» — эклиптики.

«...разделяет небо пополам...» — заимствованное из древней астрономии выражение, равносильное современному «проходить через меридиан».

[28] В треугольнике kel угол k прямой, угол e равен ε-углу наклона эклиптики с экватором, а сторона $ek = \lambda$ — данной долготе светила. Путь решения Коперника согласно теореме IV сферической тригонометрии следующий.

Сначала определяется угол l по формуле

$$\cos l = \cos\lambda \cdot \sin \varepsilon,$$

затем сторона el

$$\sin el = \sin\lambda / \sin l,$$

и, наконец, kl

$$\sin kl = \sin el \cdot \sin \varepsilon.$$

Прибавляя к дуге kl заданную широту $\beta = hk$ светила, получаем дугу hkl.

После этого Коперник переходит к треугольнику hnl, в котором угол n прямой и известны угол l и сторона hl. Из него он определяет сторону hn — искомое склонение δ

$$\sin \delta = \sin hl \cdot \sin l$$

и дугу nl. Мы получили бы последнюю сразу по правилу Непера

$$\operatorname{tg} nl = \operatorname{tg} hl \cdot \cos l.$$

Вычитая nl из найденной ранее дуги el, находим прямое восхождение светила

$$\alpha = en.$$

[29] Идея второго способа решения задачи заключается в том, что экватор и эклиптика взаимно меняются местами и решается задача, обратная той, для которой были построены таблицы гл. III.

[30] В первоначальной редакции рассматриваемая глава непосредственно следовала за гл. III и считалась IV. Затем первая редакция была зачеркнута и глава стала V. Между первой и второй редакциями различия очень незначительны: наиболее существенные отмечены ниже.

«Прямая сфера»,— положение небесной сферы на земном экваторе, «косая сфера»,— положение ее на промежуточной широте.

[31] В первой редакции эта фраза читается так:

«...за исключением равноденственного круга. Действительно, большой круг сферы, которым является горизонт, не может разделить пополам меньший круг, если он не проходит через полюсы; иначе рассеченный круг будет тоже большим, как равноденственный. Таким образом, наклонный горизонт...»

32 В этой главе Коперник очень кратко, как устаревший, резюмирует материал, содержащийся в главах IV, V и VI второй книги Птолемея и касающийся разделения земной поверхности на «климаты» в зависимости от продолжительности наибольшего дня. Это деление на «климаты» Коперник заменяет общепринятым в настоящее время делением земной поверхности полярными кругами и тропиками.

33 Противоположную теорию, а именно, что широты местностей изменились по сравнению с древностью, высказывал учитель Коперника Доменико Мария Новарский.

34 «...привходящих различий...» (в подлиннике accidentia»)— восходящий к Аристотелю термин средневековой схоластики, служащий для обозначения несущественных, случайных признаков данного тела в противоположность существенным (substantia). Так, например, с точки зрения схоластиков, субстанцию воды определяла бы формула H_2O, а мутность ее или температура были бы акциденцией.

35 «...угол *geh*, определяющий наклон сферы и измеряемый дугой *ab*...». Под наклоном сферы Коперник подразумевает длину дуги между полюсом и зенитом (наклон сферы зависит от широты места наблюдения и равен ее дополнению до 90°).

36 В треугольнике *egh* сторона *gh* будет равняться ε — углу наклона экватора и эклиптики, угол *e* представляет дополнение до 90° широты φ места наблюдения. Мы будем иметь

$$\sin eh = \operatorname{tg}\varphi\cdot\operatorname{tg}\varepsilon.$$

Полученное выражение дуги *eh* в градусах при переводе в часы делится на 15. Дуга *eg* определится по формуле

$$\sin eg = \sin\varepsilon/\sin\varphi.$$

37 Собственно говоря, *eh* измеряет полуразность между наибольшим днем и равноденственным

38 «...согласно о.пределению Посидония...». Посидоний Родосский предложил за менить определение параллельных у Евклида («прямые, которые при продолжении не пересекаются») другим, а именно определить их как прямые, которые идут все время на одном и том же расстоянии друг от друга. Недостаток этого определения заключается в том, что оно требует доказательства, что геометрическое место вершин равных перпендикуляров, восставленных к прямой, будет тоже прямая линия. В сферической геометрии, которой в данный момент занимается Коперник, это обстоятельство как раз не имеет места: роль прямой линии играет дуга большого круга шара, а дуга малого круга (параллель) соответствует окружности, но не прямой, Однако термин «параллель», который в данном месте употребляет Коперник, сохранился.

39 «Точно так же *kn* будет полухордой дуги параллельного круга... представляющей разность равноденственного дня от другого заданного». Для понимания этого надо представить себе полушарие, построенное на основании круга *abcd*, подобно тому, как это сделано на первом рисунке этой главы, где совмещены оба рассматриваемых чертежа (рис. 6). Упоминаемые Коперником перпендикуляры суть *ei*, *ko*, *ng*, дуга *loim* представляет перпендикулярный плоскости чертежа меридиан, проведенный через точку *l*, а *fog* — дуга параллели, проведенной через *g*. Полуразность заданного дня с равноденственным измеряется дугой *ih* или подобной ей дугой *og* малого круга; полухордой удвоенной дуги *og* (мы ска-

зали бы синусом *og*) будет как раз линия *kn*, соединяющая основания перпендикуляров *ok* и *gn*, а *en* будет полухордой удвоенной дуги *ig* горизонта.

40 Отношение *fk* к *kn* мы получили бы так:

$$\frac{fk}{kn} = \frac{fk}{ke\,\mathrm{tg}\,e} = \frac{fk}{ke} \cdot \frac{\cos e}{\sin e} = \frac{fk}{ke} \cdot \frac{ek}{kn}.$$

Заметим, что в терминологии античной математики, которой здесь следует Коперник, «сложение» отношений равносильно нашему умножению их.

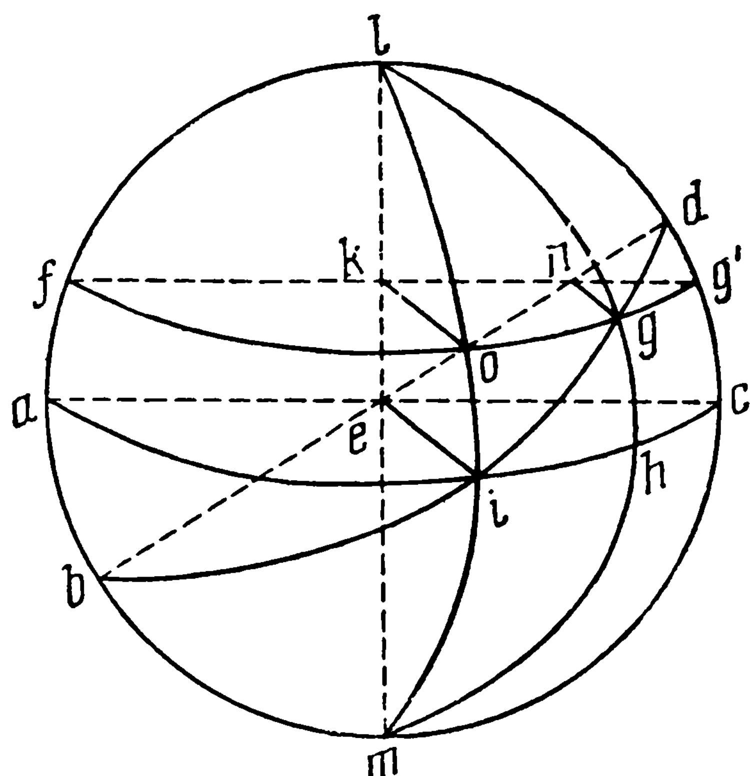


Рис. 6

41 Стоящая в скобках фраза в манускрипте зачеркнута. У Птолемея соответствующая теория изложена в гл. VII второй книги «Об одновременных восхождениях зодиакального и равноденственного кругов на наклонной сфере». Основное различие в постановке задачи заключается в том, что Птолемей рассматривает только точки эклиптики, так что для него основным аргументом является долгота восходящей или заходящей звезды; для Коперника же аргументом является склонение, что позволяет ему распространить свою теорию на любые светила, не лежащие на эклиптике.

42 После этого в рукописи Коперника идут зачеркнутые строки, которые потом с незначительными изменениями составили начало гл. IX (кончая словами «Таким образом, ясно, что вместе с дугой *hl* зодиака восходит...»). Приводим текст, зачеркнутый Коперником.

«О восходе и ⟨заходе⟩ созвездий и частей зодиака, а также звезд.

После изложения величин дней и их различий следует, вполне естественно, теория косых восхождений, а именно промежутков времени, в течение которых восходят додекатемории, то есть двенадцатые части зодиака или какие-нибудь другие части его окружности. Между прямыми и косыми восхождениями существует такое же различие, как между днем равноденственным и для других времен года, которое мы уже изложили. Додекатеморни получили названия, заимствованные от имен животных, соответствующих неподвижным звездам, начиная от весеннего равноденствия, а именно Овна, Тельца, Близнецов, Рака и остальных по порядку.

Ради большей ясности пусть *abcd* будет опять меридианным кругом с полуокружностями *aec* равноденственного круга и *bed* горизонта, пересекающимися в точке *e*. Допустим, что в *n* будет равноденствие и проходящий через нее зодиакальный круг *fhi* пересекает горизонт в *l*; через это сечение из полюса *k* проведем четверть большого круга *klm*. Таким образом, ясно, что вместе с дугой *hl* зодиака восходит...»

После этого в манускрипте идут таблицы прямых восхождений. На второй половине листа, на котором в манускрипте написан конец гл. VII и незаконченное начало будущей гл. IX, помещена таблица прямых восхождений знаков зодиака, так что можно думать, что следующий ниже материал — таблицы вместе с главами VIII, IX и X — были вложены в соответствующую тетрадь позднее.

[43] Пусть φ — широта места наблюдения (высота полюса), δ — склонение светила, α — разность прямых восхождений светила и одновременно восходящей точки экватора. Величина α определяется по формуле

$$\sin\alpha = \operatorname{tg}\delta\cdot\operatorname{tg}\varphi.$$

Соответствующие величины α для δ, меняющегося в пределах от 0 до 36°, и для φ в пределах от 31 до 60° и помещены в таблицах Коперника.

[44] Коперник рассказывает о счете часов, принятом в античной астрономии. Там различались два вида часов: равновеликий (равноденственный), составлявший $^1/_{24}$ часть суток, и сезонный, равный $^1/_{12}$ продолжительности соответствующего дня или ночи.

[45] После этой главы Коперник первоначально хотел в качестве IX поместить современную гл. X, но, написав первые ее четыре строки (две фразы), зачеркнул.

[46] Термин Коперника «прямое и косое восхождения» восходит к античной древности, когда в астрономии первенствующее значение имели восход и заход теоретически равных двенадцатых долей (додекатеморий), или знаков зодиака. Если разделить на 12 равных частей экватор, то время, протекшее от момента появления на горизонте первой точки каждой части до момента появления ее последней точки, было бы совершенно одинаковым для всех 12 делений; в этом случае мы имеем дело с сохранившимся до нашего времени прямым восхождением. Что же касается 12 одинаковых делений зодиака, средняя линия которого (наша эклиптика) называлась иногда просто «косым кругом», то для восхода различных его частей одинаковой длины требовались неодинаковые промежутки времени; в этом случае говорили о «косых восхождениях». Определение времени, потребного для восхода каждого знака зодиака, представляло основную задачу античной вычислительной астрономии, поскольку для астрологических вычислений было важно различие этих восходов.

Таким образом, разбирая это, Коперник отдает дань своему времени. Помещенный в начале этой главы чертеж представляет точную копию соответствующего чертежа гл. VII второй книги «Альмагеста»; даже буквы стоят те же самые. Проходящий через звезду l круг klm в настоящее время носит название круга склонений, точка m его пересечения с экватором определяет прямое восхождение точки l.

[47] Значения дуги em экватора приводятся в помещенной выше таблице Коперника.

Упомянутое различие между задачами глав VII и IX заключается в следующем. Если склонение lm светила северное, то точка m экватора восходит позже светила l, величина дневной дуги параллели увеличивается на число градусов, соответствующее дуге em; поэтому в гл. VII эта разность em прибавлялась. В настоящий момент существенное значение получает не точка m, а точке e, восходящая одновременно со светилом l; поэтому прямое восхождение точки e получается при помощи вычитания разности em из определяемого на экваторе точкой m прямого восхождения светила. В случае южного склонения светила положение будет обратным.

[48] «Сечения ahf». Мы сказали бы «сечение зодиака hf меридианом af».

[49] Дуга afb измеряет угол aeb экватора с горизонтом (дополнение широты места).

[50] Вычисление Коперника равносильно формуле

$$\frac{\sin ae}{\sin ab} = \frac{1}{\sin aeb},$$

или

$$\sin ab = \sin ae\cdot\sin aeb,$$

откуда находится угол aeb.

[51] Угол fag определится из треугольника abc по формуле

$$\cos fag = \operatorname{tg} ab \cdot \operatorname{ctg} ae.$$

Затем из треугольника afg получим

$$\sin fg = \sin af \cdot \sin fag.$$

Окончательная формула Коперника может быть выведена и из треугольника abe.

$$\sin gh = \sin aeb = \frac{\sin ab}{\sin ae}.$$

[52] Таблица дает прямое восхождение точки экватора, восходящей одновременно с соответствующей точкой зодиака, в предположении, что экватор расположен перпендикулярно горизонту (рис. 7). Если долготу восходящей точки C зодиака мы обозначим через λ, а прямое восхождение восходящей точки экватора — через α, то α вычислим по формуле

$$\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\lambda \cdot \cos\varepsilon,$$

где ε—наклон эклиптики к экватору, принимаемый Коперником равным 23°28′. Первый столбец таблицы содержит значения λ, выраженные через знаки зодиака, причем каждый знак имеет 30° долготы. Второй столбец представляет соответствующую величину α; в третьем дается приращение прямого восхождения, соответствующее приращению долготы зодиака на 1°; эта величина получается при помощи линейной интерполяции.

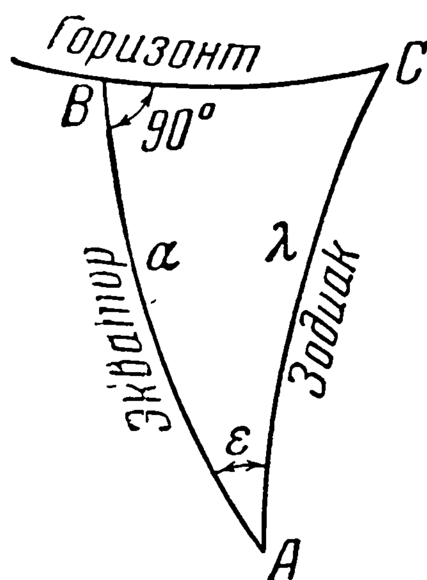


Рис. 7

[53] В таблице представлено прямое восхождение точки экватора, одновременно восходящей с данной точкой зодиака в пункте земной поверхности, широта которой (высота полюса над горизонтом) равна φ.

[54] В манускрипте «глава VII».

[55] Решаемая Коперником задача формулируется так: для заданных момента времени и долготы точки эклиптики определить высоту h над горизонтом и угол ψ, образуемый кругом высот с эклиптикой.

Для заданного момента времени находим точку эклиптики, стоящую в меридиане. Зная долготу этой точки, определяем ее склонение, а по широте местности — ее высоту над горизонтом (у Коперника дуга ab). Так как меридиан проходит через полюс экватора, то по таблицам находим угол зодиака с меридианом (у Коперника угол fag). Теперь в треугольнике fag известны сторона $af = z$, угол $fag = \theta$ и дуга $ag = \lambda$. Требуется найти fg и угол agf. Соответствующая задача решена Коперником в предложении XI главы о сферических треугольниках. Наше решение получится при помощи теорем косинусов и синусов:

$$\cos fg = \cos z \cdot \cos\lambda + \sin z \cdot \sin\lambda \cdot \cos\theta,$$
$$\sin afg \,/\, \sin z = \sin\theta / \sin fg.$$

Искомая высота h будет равна 90°— fg.

В рукописи Коперника имеется особая вставка в два листа. На первой странице написан конец главы, продолжающий слова основного текста «Возьмем какую-нибудь точку зодиака...»

«...между восходящей точкой и меридианом; пусть это будет η с четвертью круга $\zeta\eta\theta$. И так как для этого часа даются дуги $\alpha\eta\varepsilon$ и $\alpha\eta$, а также и $\alpha\zeta$ с мери-

дианным углом $\zeta\alpha\eta$, то на основании пятого [читай — одиннадцатого] предложения о сферических треугольниках будут даны дуга $\zeta\eta$ и угол $\zeta\eta\alpha$, которые и были искомыми. Но отношение хорды, стягивающей удвоенную $\varepsilon\eta$, к стягивающей удвоенную $\eta\theta$, равно отношению стягивающих удвоенные дуги $\varepsilon\alpha$ и $\alpha\beta$ (ибо обе они относятся как полудиаметры к синусу (schoenum) угла $\eta\varepsilon\theta$); следовательно, будет данной и $\eta\theta$ — высота взятой точки η. Но в треугольнике $\eta\theta\varepsilon$ даны стороны $\eta\varepsilon$, $\varepsilon\theta$ вместе с углом ε, а угол θ прямой; отсюда получим величину последнего угла $\varepsilon\eta\theta$. И это, относящееся к углам и отрезкам кругов, мы взяли в беглом изложении из Птолемея и других, обращаясь к общепринятой теории треугольников. Если кто-нибудь захочет в ней поупражняться, то он может найти самостоятельно гораздо больше полезного, чем то, что мы изложили здесь только в виде примера».

После этого на первой же странице стоит заглавие гл. XIII (без номера и текста). Остальные три страницы дают вариант начала гл. XIV.

56 Изложенная в этой главе теория имеется в последней главе (XII) второй книги Птолемея, но не является ее переводом (у Птолемея задача решена для частного случая).

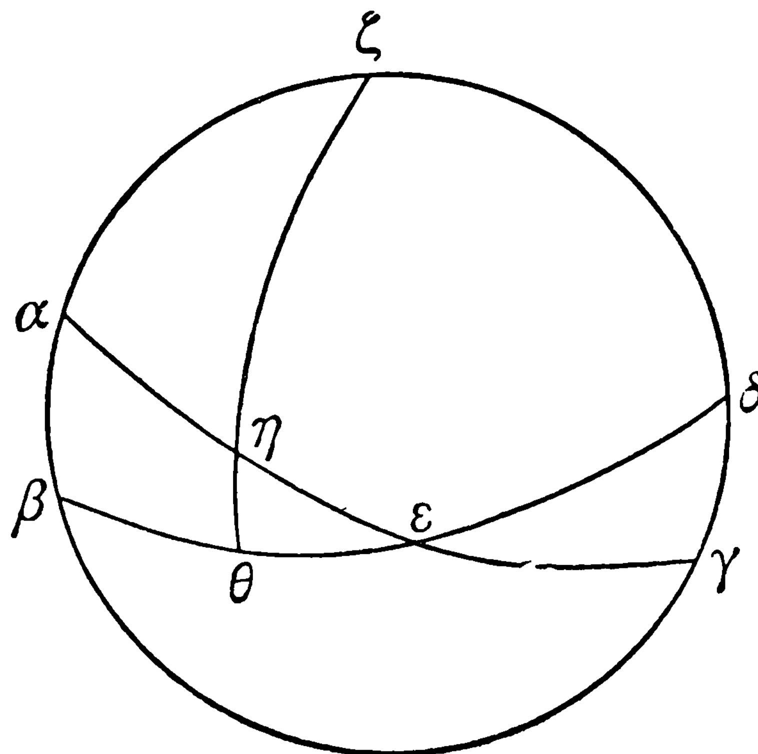


Рис. 8

57 Утренним, или гелиакическим, восходом звезды называется первый восход ее вместе с Солнцем (или, если говорить о видимом восходе в отличие от истинного, появление звезды на востоке немного ранее Солнца, после которого она затем гаснет в лучах зари). Дни этих восходов тщательно наблюдались астрономами древнего Востока и Греции, так как по ним (в отсутствие нашего солнечного календаря) распределялись все сельскохозяйственные работы, а также определялась продолжительность года. В следующие дни после гелиакического восхода звезда все дольше и дольше задерживалась на небе перед восходящим Солнцем, так что наблюдать ее можно было только утром, откуда и ее название «утренней». Вечерним, или акронихическим, восходом назывался восход вместе с заходом Солнца (или, лучше сказать, после него по прошествии времени, необходимого для того, чтобы она стала видимой в вечерних сумерках). После дня с акронихическим восходом звезду можно наблюдать вечером и в течение всей ночи.

Различение истинного восхода и видимого у древних объясняется тем, что определение истинного восхода может быть произведено только по заданным координатам звезды, для определения же видимого нужно знать еще величину звезды и так называемую arcus visionis— расстояние, на котором Солнце должно находиться под горизонтом, для того чтобы звезду можно было увидеть. Величина arcus visionis изменяется в зависимости от яркости звезды.

58 То обстоятельство, что у Венеры и Меркурия истинный заход бывает позже кажущегося, объясняется тем, что планеты во время захода утром догоняют Солнце и сначала исчезают в его лучах (кажущийся заход), а потом уже проходят через тот меридиан, на котором находится Солнце, и вместе с ним заходят; во время же вечернего захода они движутся от востока к западу по направлению к Солнцу и сначала исчезают в его лучах, а затем заходят с ним.

[59] И в настоящее время считается, что последние признаки зари исчезают и наступает полная ночь, когда Солнце погружается под горизонт на 18° (конец астрономических сумерек).

[60] Вся эта глава вместе с таблицами неподвижных звезд первоначально составляла особую (четвертую или третью) книгу сочинения, имела свой пролог и разделялась на части, названия которых были потом в рукописи зачеркнуты. Время составления этой книги может быть определено на основании следующих соображений. В перечне звезд указаны места апогеев пяти планет, но отсутствует апогей Солнца. Отсюда следует, что рассматриваемая книга была составлена после Commentariolus, в котором места апогеев всех планет и Солнца считаются постоянным, после того как Коперник открыл перемещение апогея Солнца (соответствующие исследования велись в 1515—1516 гг.), но до того как он обнаружил перемещение апогеев планет. Новое определение апогея Марса, записанное на листках в таблицах Региомонтана, датируется 1523 г. (для остальных планет позднее); следовательно, рассматриваемая книга во всяком случае написана до 1523 г.

Начало главы в рукописи Коперника в особой вставке (не зачеркнутой автором) имеет некоторые расхождения с печатными изданиями; небольшие фразы, отсутствующие в печатном тексте торнского издания, стоят в нашем переводе в квадратных скобках, более крупные отрывки приводятся особо.

[61] Не вошедшие в печатные издания стоящие в скобках слова с предельной ясностью формулируют закон относительности движения.

[62] «Magna Constructio»— дословный перевод греческого Μεγάλη Σύνταξις: точное название произведения Птолемея таково: Μαθηματική Σύνταξις, однако оно более известно под искаженном арабами названием «Альмагест».

[63] В первой редакции после слов «касающегося неподвижных звезд» текст был таким:

«Я со своей стороны признаю, что нельзя определить положения звезд без лунного и также места Луны без солнечного света, и все это такого рода, что требует помощи инструментов и, по моему мнению, всего этого иначе и нельзя определить. Но кто захочет заняться теорией вычисления (canonicam rationem) движений и периодов (revolutionum), ничего, говорю я, не добьется, если не будет их относить к неподвижным звездам. Отсюда произошло, что Птолемей и другие до и после него, пытаясь определить нам величину солнечного года, брали в качестве начальных точки равноденствия или солнцестояния и никак не могли добиться в этом согласия, так что ни в какой области не было больше споров, которые многих до такой степени смутили, что они почти отчаялись в возможности овладеть звездной наукой и признали, что движения небес не могут быть познаны человеческим разумом. Птолемей обратил на это внимание...» и т. д.

Эти слова первоначальной редакции, не зачеркнутые Коперником (в манускрипте начало рассматриваемой главы помещено на особой вставке параллельно с редакцией, принятой в печатных изданиях), дают ключ к решению задачи, что побудило Коперника изложить письменно свою гипотезу. Основной задачей математиков его эпохи была реформа календаря. Для того чтобы только поставить эту задачу, нужно было установить, что именно понимается под продолжительностью года. Видя трудности, возникающие в предположении, что год есть промежуток времени между двумя одинаковыми равноденствиями или солнцестояниями, Коперник предложил под годом подразумевать промежуток времени между двумя последовательными возвращениями к одной и той же звезде. Отсюда в качестве системы отсчета при солнечных движениях выдвинулась совокупность неподвижных звезд.

[64] Менелай — геометр и астроном I в. н. э., производивший наблюдения в Риме око-

ло 100 г. н. э. До нас дошла в арабском переводе «Сферика» Менелая, в которой установлена теорема о трансверсалях, являющаяся основой всей сферической тригонометрии Птолемея.

65 Перед абзацем стояло зачеркнутое Коперником заглавие «Об употреблении инструментов для наблюдения места Солнца».

66 Зачеркнуто заглавие «Об определении тем же способом мест Луны и звезд».

67 От слов «После того как это будет так сделано» первая редакция содержит следующий текст:

«После того, как это будет так сделано, приготовляются два других круга, не равных по диаметру, по толщине же и ширине подобных первым. Оба они подвешиваются в полюсах этого зодиака и прикрепляются — один внешний, а другой внутренний,— после того как тщательно будет просверлено отверстие и вставлены оси, вокруг которых они будут вращаться. Сами же они должны быть так слажены, чтобы вогнутая часть внешнего примыкала к выпуклой части внутреннего, но все-таки так, чтобы не было препятствий, мешающих их круговращению. Квадранты внутреннего круга делятся на такое же число частей, как и у зодиака. Кроме того, в его полости должен быть помещен еще один круг в той же самой плоскости, могущий беспрепятственно в нем вращаться, и того же рода, к которому должны быть прикреплены выступы, имеющие отверстия по направлению диаметра, как это делается в диоптрах для наблюдения широт.

Затем должно приделать еще и шестой круг, могущий удержать в себе всю астролябию, подвешенный и вращающийся с равноденственными кругами. Он ставится на колонке или на каком-нибудь другом возвышенном месте; опираясь на нее, он стоит перпендикулярно плоскости горизонта; если его полюсы помещены в соответствии с наклоном сферы, то он должен занимать положение, подобное естественному меридиану, и возможно меньше от него отклоняться.

После того как инструмент будет так подготовлен и мы хотим определить положение какой-нибудь звезды вечером, когда Солнце уже заходит, и в то время, когда можно будет видеть и Луну, переводим внешний круг к тому градусу зодиака на инструменте, в котором, как мы думаем, находится Солнце, и поворачиваем к Солнцу сечение кругов до тех пор, пока каждый из них, а именно зодиак и внешний круг, проходящий через полюсы, не затемнит сам себя одинаково и посередине. После этого внутренний круг мы поворачиваем к Луне и, поместив глаз сбоку, где Луна с противоположной стороны покажется нам как бы рассеченной этой плоскостью, отметим место на зодиаке инструмента; это и будет место Луны по долготе. Ведь без Луны не было бы возможно добраться до положений звезд: она одна только является посредницей между светом и мраком. Затем после наступления ночи, когда звезда, место которой мы ищем, уже сделается наблюдаемой, мы ставим внешний круг к месту Луны и так относим положение астролябии к самой Луне, как мы это делали с Солнцем. Затем мы поворачиваем внутренний круг к звезде, пока...»

На этом обрывается помещенная на особой вставке первая редакция рассматриваемой главы.

68 Описание астролябии у Коперника требует некоторых пояснений.

Начнем с его шестого круга, изображающего меридиан; он устанавливается неподвижно в плоскости меридиана и охватывает весь инструмент. На этом круге отмечаются две точки, определяющие полюсы вращения: проходящий через них диаметр должен быть параллелен земной оси; в этих точках и подвешивается вся астролябия.

Основную ее часть представляют упоминаемые Коперником в самом начале описания первый и второй круги, скрепленные между собой перпендикулярно;

каждый из них представляет круговой брус четырехугольного сечения, причем плоские стороны этих брусьев должны быть строго перпендикулярны их вогнутой и выпуклой поверхностям; эти последние у обоих брусьев должны быть подогнаны так, чтобы выпуклые их стороны лежали на одной сферической поверхности; то же самое относится и к вогнутым сторонам. Один из этих кругов представляет зодиак и должен быть расположен в его плоскости, другой, перпендикулярный ему, прикрепляется к неподвижному кругу в точках, определяющих полюсы, и может вращаться вокруг оси, проходящей через эти точки; поворачивая вокруг этой оси на определенный угол, мы можем установить астролябию так, чтобы ее круг, изображающий зодиак, находился в плоскости небесного зодиака.

Далее расположены два круга (третий и четвертый), называемые у Коперника внешним и внутренним. Они прикрепляются к кругу, перпендикулярному зодиакальному, в точках, соответствующих полюсам зодиака, и могут вращаться вокруг оси, проходящей через эти точки; круги служат для отсчета долгот. При помощи внешнего круга отмечается положение Солнца в дневном наблюдении и Луны в ночном; он устанавливается таким образом, чтобы его внутренняя поверхность была покрыта тенью, отбрасываемой внешней поверхностью от Солнца или Луны; при помощи такой установки определяется положение Солнца или Луны по отношению к зодиакальному кругу астролябии. При помощи внутреннего круга фиксируется положение звезды в ночном наблюдении; так как тень от звезды получить невозможно, то ее положение определяется при помощи трубочек с двумя отверстиями на концах. Эти трубочки прикреплены к пятому кругу Коперника, который лежит в плоскости внутреннего (четвертый) круга и может в ней вращаться; это осуществляется при помощи приделанных с его боков выступов (systematia), обнимающих боковые поверхности внутреннего круга, по делениям которого определяется широта наблюдаемой звезды.

69 Цитируемое Коперником наблюдение Регула Птолемеем приведено в гл. II седьмой книги «Альмагеста».

70 Теон Младший (Александрийский)— математик второй половины IV в. н. э. (известно его наблюдение затмений Солнца и Луны в 365 г.), отец знаменитой Гипатии, автор комментариев к произведениям различных авторов (Птолемей, Арат), издатель «Начал» Евклида.

Арат из Сол (около 310—240 гг. до н. э.)— астроном и поэт из круга македонского царя Антигона Гоната, автор астрономической поэмы Phaenomena («Описание звездного неба»), пользовавшейся большой известностью в древности и в эпоху Возрождения. К Арату составлял дошедшие до нас комментарии знаменитый Гиппарх, его неоднократно переводили на латинский язык (Цицерон, Германик и др.).

71 В печатных изданиях это место читается так: «Так как даже у Иова, как известно, уже были названы некоторые созвездия, а Плеяды, Арктур, Орион мы с их именами читаем у Гомера и Гесиода». В первой редакции манускрипта вместо слов «у Гомера и Гесиода» стояло «Иов», но потом это было зачеркнуто и восстановлены истинные имена.

72 Каталог звездного неба представляет перевод каталога, помещенного в седьмой и восьмой книгах «Альмагеста». Больших изменений Коперник не внес, только долготы у него отсчитываются не от точки весеннего равноденствия, а от первой звезды Овна (γ Arietis), так как Коперник хотел дать абсолютно установленный для всех времен звездный каталог. Равным образом в переводе несколько изменены названия звезд; к обозначениям величин звезд прибавлены иногда слова «больше» или «меньше»; есть изменение величин, так что в итоге Птолемей насчитывает 208 звезд третьей и 474 четвертой величины, а Коперник соответственно 206 и 476. Общий итог — 1024 звезды — сходится у обоих, если считать, что Коперник учел две слабые звезды Волос Вероники, которые Птолемей упоминает

отдельно. Есть изменения долгот, вероятно, объясняющиеся разночтениями в рукописи Птолемея, использованной Коперником. Порядок звезд тот же самый, только в созвездии Пегаса Коперник изменил порядок на обратный, да еще в трех местах переставил две соседние звезды.

При чтении необходимо иметь в виду, что термины «передняя» и «задняя», а также «предшествующая» и «последующая» для звезд надо понимать в смысле «западная» и «восточная», так как древние астрономы, которым здесь следует Коперник, представляли всю совокупность звезд движущейся от востока к западу.

Правый столбец содержит современное название звезд; отождествление произведено по Peters—Knobel, Prolemy's Catalogue of Stars, Carnegie Institution of Washington 1915; если названий несколько, то вторые и последующие представляют различия в отождествлении у других авторов.

[73] Название Альдебарана Palilicium происходит оттого, что в день его гелиакического восхода справлялся римский праздник Палилий.

[74] Подробное изложение истории отождествлений различных звезд Плеяд (в том числе и у Коперника) можно найти у Фламмариона (Les Etoiles. Paris, 1882, с. 290—307).

[75] Список, которым пользовался Коперник, содержит ошибку в долготе на 3—4°; вместо 272°20′ надо читать 269°20′ или 268°20′ и соответственно «на конце переднего рога», как у Птолемея. Списки Птолемея дают или 9° Capricorni, или 5° Capricorni. Петерс высказал догадку, что надо читать 6° Capricorni; тогда $\lambda = 269°20'$.

[76] Конон — александрийский астроном первой половины III в. до н. э., в области математики учитель Архимеда. Вероника, правильнее Вереника, супруга Птолемея III Эвергета, пожертвовавшая в храм свои волосы для благополучного возвращения ее мужа из сирийского похода. Так как по возвращении царя из похода этих волос в храме не оказалось, то придворный астроном Конон сказал, что они перенесены на небо.

[77] «Блестящая на конце Реки» может быть только Ахернар; однако ее положение не соответствует приведенным координатам, и, кроме того, в Александрии она не видна. Склонение α Eridani равно 68° (для 100 г. до н. э.), так что для ее наблюдения нужно было бы уйти в Средний Египет.

[78] В настоящее время созвездие Корабля Арго разделено на четыре: Корма (Puppis), Киль (Carina), Паруса (Vela) и Мачта (Malus или Pyxis).

[79] В рукописи и печатных изданиях в общем итоге всех звезд написано «третьей 208, четвертой 474, пятой 216, шестой 50, темных 9, туманных 5».

Соответствующие данные у Птолемея таковы: «208 третьей, 474 четвертой, 217 пятой, 49 шестой». Если суммировать по созвездиям, то получится 208 третьей, 473 четвертой, 218 пятой, 49 шестой; если же просуммировать числа, стоящие в конце каждого из отделов, то будет 205 третьей, 477 четвертой, 218 пятой, 49 шестой.

Книга третья

[1] Слова в скобках вставлены в рукописи на полях и зачеркнуты.

[2] Из сочинений Гиппарха до нас дошел только комментарий к «Феноменам» Арата, но мы можем судить о его научных работах по изложению и цитатам у Птолемея, «Альмагест» которого во многом написан по материалам Гиппарха. Гиппарху принадлежит открытие прецессии, развитие теории параллакса (первые следы замечаются у Архимеда в «Псаммите») и разработка тригонометрии. Основное произведение Гиппарха, используемое в этой книге Коперником и почерпнутое у Птолемея, носит название «О перемещении равноденственных и тропических точек».

[3] В первом наброске этой теории предполагалось, что восьмая сфера неподвижных звезд движется медленным движением, делая полный оборот за 36 000 лет; за ней

находится девятая сфера, которая и сообщает всем остальным нижележащим суточное вращение. Введение колебательного движения связывается с именем великого харранца Сабита (Thabit) ибн Курра. Позднее его теория приняла следующий характер (такой по крайней мере она была у составителей Альфонсовых таблиц в XIII в. н. э.). Прецессионное движение составлялось из двух — непрерывного медленного движения с периодом в 36 000 лет и колебательного; для этого понадобилась еще одна сфера. Таким образом и получилось упомянутое Коперником число «десять сфер».

Десятая сфера (первый двигатель) сообщала всем нижележащим суточное вращение, девятая (кристальная) совершала медленное вращение с периодом 36 000 лет, причем на обеих этих сферах не помещалось ни одного небесного тела. Восьмая сфера, на которой находились неподвижные звезды, совершала колебательное движение вокруг центра, находящегося на поверхности девятой сферы и медленно вместе с ней перемещающегося; это колебательное движение восьмой сферы получило у средневековых астрономов Западной Европы название трепидации.

Коперник принял указанное разложение прецессионного движения на два, но колебательное движение получило у него более сложный характер. Кроме того, оба эти движения стала производить не сфера неподвижных звезд, а Земля.

[4] Основной фактический материал для определения величины прецессии взят Коперником из гл. II седьмой книги «Альмагеста» Птолемея.

Калипп, о котором упоминается здесь и в дальнейшем, был учеником Аристотеля; ему принадлежит создание физической теории гомоцентрических сфер, объясняющих движение планет (настоящий ее автор Евдокс Книдский ограничился только кинематической моделью). Установленные Калиппом циклы в 76=4·19 лет имели своей отправной точкой 329 г. до н. э. 19-летний период, по которому вставлялись дополнительные месяцы в лунно-солнечный календарь, был выработан вавилонскими астрономами V в. до н. э.; обычно автором его считают греческого математика Метона.

Нужно, однако, сказать, что Коперник допустил здесь ошибку, понадеявшись на Птолемея. Внимательное чтение цитаты из Гиппарха (в конце гл. II седьмой книги «Альмагеста») «не менее (μὴ ἔλασσον ἢ) чем на сотую часть градуса за один год» показывает, что эту наименьшую величину для прецессии Птолемей принял за действительную. Но даже из материала, содержащегося в рассматриваемом месте Птолемея, можно усмотреть, что истинная величина прецессии была больше.

У Птолемея (кн. VII, гл. 2) говорится, что перемещение Спики за время от Тимохара до Гиппарха составило 8—6 = 2°. Если взять самую раннюю дату наблюдения Тимохара — 36 г. первого периода Калиппа, т. е. 293 г. до н. э., и указываемую Птолемеем дату наблюдений Гиппарха—«за 265 лет до начала царствования Антонина (138 г. н. э.)», т. е. 265—138 = 127 г. до н. э., то рассматриваемый промежуток будет не более 293—127=166 лет. Если взять круглую цифру 160 лет, то перемещение составит 45″ за один год, а не 36″ при норме 1° в сто лет.

Впрочем, надо сказать, что под обаянием авторитета Птолемея находился не один Коперник. Данная Птолемеем величина 36″ в год была принята всеми греческими астрономами после Птолемея. Она имеется у аль-Фергани (первая половина IX в.), в энциклопедии арабских «братьев чистоты и искренности» (Багдад, X в.). Впервые более точную величину прецессии назвал аль-Баттани (850—929).

Неравномерность прецессионного движения равноденственных точек столь мала, что не могла быть обнаружена во времена Коперника. Та мнимая неравномерность, о которой говорит Коперник, является результатом неточности наблюдений и большого различия в промежутках эпох каталогов, из сравнения которых выводилась величина прецессии.

[5] Задача Коперника в современной постановке может быть сформулирована так: по заданным склонению и широте звезды определить ее долготу. Для принятого Коперником наклонения эклиптики к экватору 23°28,5′, склонения Спики 8°40′ и ее широты 2° вычисление по пятизначным таблицам логарифмов дает в полном согласии с Коперником долготу Спики 180°+ 17°21′. Интересно отметить, что задача решается Коперником без помощи сферической тригонометрии.

[6] Арзахель, точнее аз-Заркали (1029—1087)— толедский астроном, составитель так называемых Толедских таблиц, бывших в употреблении вплоть до Альфонсовых. Известен своей теорией трепидации сферы неподвижных звезд, введенной им для объяснения прецессии.

Профаций Иудей (около 1300 г.) — Якоб бен-Мехир, провансальский еврей. Его рукописный альманах на 1302 г. находился в Браунсбергской библиотеке, по соседству с Фромборком, и был доступен Копернику. В настоящее время эта рукопись находится в библиотеке Упсальского университета (Швеция).

[7] Коперник разбирает задачу, которую мы в настоящее время назвали бы сложением двух взаимно-перпендикулярных гармонических колебаний, у одного из которых период вдвое больше, чем у другого. Первое колебание совершается вокруг оси *bd* и имеет амплитуду, измеряемую хордой *fi* большого круга *aec* (это будет вибрация наклона), а второе имеет осью восставленный из *e* перпендикуляр к плоскости чертежа и амплитуду $^1/_2$ *fi* (вибрация аномалии); изображенные на чертеже круги *fkin* и *imgl* представляют хорошо известные из теории гармонических колебаний окружности, равномерное движение по которым преобразуется в гармоническое колебание по диаметру.

Если через x и y обозначить отклонения во вращениях вокруг осей *e* и *bd* соответственно, а через a — радиус окружности *kfin*, то движение полюса, находящегося в начальный момент в *f*, выразится уравнениями

$$x = a \sin 2\,kt,$$
$$y = 2\,a \cos kt.$$

С точки зрения современной науки движение полюса земного экватора складывается из прецессии (у Коперника — равномерное движение среднего полюса) и нутации (колебание полюса около среднего положения, изменяющее величину угла между экватором и эклиптикой). Объяснение первого движения, данное Коперником, совершенно правильно, более того, обнаруженная им величина среднего движения прецессии лишь на очень небольшую величину отличается от принятой в настоящее время: 50,20″ в год у Коперника вместо 50,26″ (или 50,17″ для его времени). Что касается отклонений от среднего полюса — двух либраций Коперника с периодами в 1717 и 3434 лет, то они совершенно не соответствуют действительности; период нутации составляет всего около 19 лет, и отклонения слишком незначительны (максимум 9,2″) для того, чтобы они могли быть замеченными в эпоху Коперника (нутация была открыта лишь в XVIII в. Брадлеем).

Таким образом, вся схема Коперника для движения полюса с описываемой им «восьмеркой» представляет лишь исторический интерес. Коперниковская «восьмерка» является одной из фигур Лиссажу, получающихся при сложении гармонических колебаний.

[8] Коперник описывает получение прямолинейного колебательного движения из сложения двух вращательных. Чтобы сделать его изложение вполне понятным, достаточно воспользоваться современной терминологией. Круги *cfe* и *ghd* служат мерой вращательных движений прямой *df* по отношению к *ad* и прямой *fh* по отношению к *df*. Прямая *fh* по отношению к *df* вращается по часовой стрелке и с вдвое большей угловой скоростью, чем прямая *df*, вращающаяся против часовой

стрелки по отношению к *ad*. Так как треугольник *dfh* равнобедренный, то углы *d* и *h* равны между собой, а угол *gfh*, как внешний, равен их сумме, или вдвое больше угла *cdf*.

[9] Слова в квадратных скобках, которыми первоначально заканчивалась гл. IV, были зачеркнуты Коперником в рукописи. Они показывают, что Копернику было известно движение, носящее в современной механике название кардановского. Для получения эллиптического движения достаточно взять на прямой *fh* какую-нибудь точку (Коперник проводит через нее из центра *f* окружность радиусом, большим или меньшим *fh*, но по существу это не нужно); эта точка, лежащая в пересечении проведенной из центра *f* окружности, большей или меньшей *ghd*, и будет описывать эллипс.

Помещенной в квадратных скобках фразе в рукописи (после слов «вернется назад») предшествовали следующие слова, потом тоже зачеркнутые Коперником: «Это движение некоторые называли движением по широте круга, то есть по диаметру; его период и величину определяют по окружности, как мы покажем немного ниже».

Под этими «некоторыми», вероятно, следует понимать Брудзевского, который описал это движение и даже ввел для него употребляемый Коперником термин libratio.

[10] Заключительные слова служат переходом к геометрическому представлению рассматриваемого движения. Если угол *gda* обозначить через α, то

$$gh = gd \sin\alpha\,, \quad dh = gd \cos\alpha\,.$$

[11] Седьмое предложение третьей книги «Начал» читается так: «Если на диаметре круга взять некоторую точку, не являющуюся центром, и из нее провести к окружности несколько прямых, то наибольшей будет та, на которой находится центр, а наименьшей — ее остаток, а из остальных та, которая ближе к проходящей через центр, будет всегда больше более удаленной».

[12] Для понимания рассуждений Коперника необходимо иметь в виду следующее. Речь идет об определении изменения наклона эклиптики к экватору, которое Коперник представляет как результат гармонического колебания полюса Земли вокруг оси, проходящей через равноденственные точки. Согласно изложенному в гл. III он рассматривает это колебание как движение по диаметру проекции точки, равномерно движущейся по окружности, описанной вокруг среднего положения полюса (на рисунке гл. III точка *i*). Точка *m* рассматриваемого чертежа соответствует как раз этой точке *i*, окружность *abc* считается проведенной в плоскости, перпендикулярной прямой, соединяющей центр *l* Земли с точкой *i*, или *m*, которая будет, таким образом, полюсом окружности *abc* — окружности малого круга сферы. Гармоническое колебание по *ac* получается в результате равномерного движения по окружности малого круга *abc*; далее Коперник проектирует это движение на поверхность сферы, относя его к дуге *amc* большого круга сферы, проведенного через среднее положение полюса экватора перпендикулярно плоскости эклиптики.

[13] От слов «Пусть снова *abcd*» и до конца главы текст представляет более позднее добавление, написанное на отдельном листе старческим почерком Коперника (по-видимому, одновременно с находящейся на том же листе гл. X).

[14] «Аристилла»— позднейшее исправление. В подлиннике —«Аристарха», как в «Эпитоме» Региоментана; та же ошибка в письме к Ваповскому.

[15] Слова Коперника, что от Тимохара до его времени прошло 1819 лет, позволяют определить время написания соответствующей части рукописи. Александр Македонский умер в 323 г. до н. э., наблюдения Тимохара относятся к 30 году после смерти Александра, т. е. к 294 г. до н. э.; прибавляя сюда 1819 лет, приходим

к 1525 г. н. э. Этот год Коперник считает 1849 годом после смерти Александра. В дальнейшем тексте 432 года соответствуют промежутку времени от Тимохара до Птолемея, 742 — от Птолемея до Альбатегния и 645 — от Альбатегния до Коперника.

[16] Среднее значение прецессии Коперник определяет в 23°57′ за 1717 лет; таким образом, прецессия за год будет равняться

$$\frac{23°57'}{1717}=\frac{1437'}{1717}=0{,}83'=50''$$

Значение 23°57′ получено Коперником из следующих соображений. Прецессионное движение от Тимохара до Птолемея составляет 4°20′, а от Птолемея до Коперника — 20°43′, что в сумме дает 25°1′. В эпоху Тимохара прецессия считалась равной 1° за 100 лет; за 102 года будет 1°+ 0°02 = 1°1′,2. Коперник увеличивает это значение до 1°4′; тогда 25°1′—1°4′= 23°57′.

[17] Слова, стоящие в квадратных скобках, в рукописи зачеркнуты.

Георг Пурбах (1423—1461) и Региомонтан, или а'Монтерегио (из Кенигсберга во Франконии) (1436—1476) являются непосредственными предшественниками Коперника. Доменико Мария Новарский (1454—1504) был учителем Коперника во время его пребывания в Италии.

[18] Если 30 лет наблюдений Коперника отсчитывать от 1525 г., то начало их следует отнести к 1495 г., когда Коперник, находившийся в Кракове или в Вармии, еще готовился к путешествию в Италию, состоявшемуся в середине 1496 г.

[19] Слова «Эпоха Христа» (в тексте radix — корень) характеризуют величину расстояния, пройденного в среднем прецессионном движении в момент начала нашей эры. При помощи таблиц Коперника нетрудно рассчитать, что 5°32′ будут пройдены за 396 египетских лет и 300 дней; следовательно, начальная точка отсчета времени относится примерно к 397 г. до н. э.

[20] Таблицы содержат значения аргумента аномалии наклонности эклиптики, полученные от повторного сложения величины изменения аномалии за один год. Так как период аномалии 3434 года, то изменение за один год будет

$$\frac{360°}{3434}=6'17''24''',$$

а за один день

$$\frac{360°}{3434\cdot 365}=1''2'''.$$

Если началу нашей эры (эпоха Христа) соответствует значение аномалии 6°45′, то начальный момент отсчета относится у Коперника на 65 г. до н. э. (6′17″24‴, умноженные на $64^1/_2$, равны 6°45′42″18‴).

[21] В манускрипте гл. VII начиналась следующими словами, которые были потом зачеркнуты Коперником:

«Итак, после того как мы по мере наших сил изложили среднее равномерное движение предварения равноденствий, нам надлежит установить наибольшую разность между этим и наблюдающимся движениями. Посредством ее мы легко можем получить и частные значения этой разности. Уже было выяснено, что движение двойной аномалии, то есть равноденствий, в течение 432 лет от Тимохара до Птолемея составляло 90 градусов 35 минут. Среднее движение прецессии было 6 градусов, а видимое — 4 градуса 20 минут. Их разность равна 1 градусу 40 минутам. И так как в середине этого промежутка мы полагаем крайний предел медленности и начало увеличения, в котором среднее движение

сошлось с видимым и видимые точки равноденствий со средними, то отсюда следует, что, взяв половины, мы получим одинаковые расстояния от этого расстояния, а именно 45 градусов $17^1/_2$ минуты и также соответствующие им значения разности между видимыми и средними движениями равноденствий, то есть 50 минут».

[22] За $432 = 7 \cdot 60 + 12$ лет согласно таблицам движение прецессии составит $6°0'36'' \simeq \simeq 6°$, а движение аномалии равно $45°16'58''$, что после удвоения дает $90°34'$, которые Коперник округляет до $90°35'$. Коперник удваивает величину движения аномалии потому, что в его таблицах дается движение аномалии наклонности, тогда как движение аномалии прецессии будет вдвое быстрее.

[23] «...среднее движение...» (motus). Строго говоря, надо переводить «среднее положение», так как в гармоническом колебании наибольшие скорости получаются около центра и, следовательно, скорость составного движения бывает или наибольшей, или наименьшей.

[24] Так как дуга de равняется $45°17'5''$, то ее синус будет 0,7107; написанная Коперником пропорция в современной форме будет

$$\sin ed : 1 = fb : afb,$$
$$0{,}7107 : 1 = 50 : afb.$$

Так как $0{,}71 \simeq 5/7$, то $afb = 70'$.

[25] В манускрипте «...по пяти шестых градуса...» и далее с соответствующими изменениями.

[26] Дробь $^1/_{450}$ получается таким образом. Средний угол наклона зодиака Коперник считает равным $23°40'$, наибольший во времена Птолемея — $23°51'20''$, или просто $23°52'$. Разность между ними $12^1/_3$ составляет пятую часть градуса, или $^1/_5 \cdot 90 = {}^1/_{450}$ часть прямого угла. На такую величину угол igs может отклониться от прямого угла. В торнском издании стоит $^1/_{350}$.

[27] Величина bg определяется Коперником по формуле $bg = bi \sin 23°40' = 70' \cdot 0{,}4 = 28'$. В манускрипте стоит $20'$, так как дуга bi была принята равной $50'$.

[28] В манускрипте структура главы несколько иная. После абзаца, помещенного в примечании 21, следуют абзацы в таком порядке:

I. «После того, как были указанным образом изложены...»
IV. «Установив это, возьмем дугу abc...» до конца главы, кроме последней фразы.
II. «Но поскольку все это относится к очень малым величинам...»
V. «Итак, gb и bh пропорциональны ib и bk и движения как полюсов, так и точек сечения будут совершаться по одинаковому закону».
«Поэтому опишем полукруг abc около центра d; пусть его диаметр будет adc; рассечем его пополам в точке b, где мы полагаем предел наибольшей медленности и начало увеличения». (Зачеркнуто)
III. «Пусть abc — часть окружности зодиака, в которой b будет ...наибольшее отклонение полюсов в 28 минут».

Перестановка сделана по указанию для исправлений, помещенному в конце первого издания De Revolutionibus.

[29] Простаферезы (от греческих слов προσφέρω — прибавляю и ἀφαιρέω — отнимаю)— члены, которые надо то прибавлять к основному члену, представляющему среднее движение, то отнимать от него. Их вычисление соответствует современной формуле $r \sin\alpha$, где r — радиус круга аномалии, а α — значение аномалии. Таким образом, Коперник получает:

для $\alpha = 3°$ $bf = 70' \cdot \sin 3° = 70' \cdot 0{,}052 = 3{,}64'$,
для $\alpha = 6°$ $bf = 70' \cdot \sin 6° = 70' \cdot 0{,}105 = 7{,}35'$,
что он округляет до 4 и $7'$.

Для изменения наклонности радиус будет равняться $12'$; наибольшая и наименьшая наклонности будут $12°40' \pm 12'$, т. е. $12°52'$ и $12°28'$. С диаметром $24'$ аномалийного круга наклонности зодиака не следует смешивать величину $28'$

максимального отклонения экватора от среднего положения; указанные выше 12′ характеризуют изменение угла эклиптики с экватором.

30 Нужно помнить, что движение равноденственной точки идет по часовой стрелке, а движение аномалии — против нее. Начальная точка отсчета аномалии соответствует самой верхней точке восьмерки, описываемой полюсом экватора. Простаферезы будут поэтому отрицательными при нахождении истинного полюса к востоку от среднего (слева) и положительными при нахождении его к западу (справа).

31 Последний (четвертый) столбец представляет выраженные в шестидесятиричных дробях числа, на которые надо умножить 24′, чтобы получить величину отклонения угла эклиптики от наименьшего значения 23°28′. Если через α обозначить значение простой аномалии (аномалии наклонности), то соответствующие числа могут быть получены по формуле

$$0;\ 30\ (1 + \cos\alpha).$$

Например, если $\alpha = 33°$, то $1 + \cos\alpha = 1{,}839$ и $0;\ 30 \cdot 1{,}839 = 0{,}919$.

Избыток наклонности эклиптики над наименьшей будет $24' \cdot 0{,}919 = 22{,}07'$. Тогда

$$\frac{22}{24} = \frac{11}{12} = \frac{55}{60} = 0;\ 55.$$

Аналогично, если $\alpha = 48°$, то $1 + \cos\alpha = 1{,}669$; $24 \cdot 0;30 \cdot 1{,}669 = 12 \cdot 1{,}669 = 20{,}03$

$$\frac{20}{24} = \frac{10}{12} = 0;\ 50.$$

32 36-й год первого Калиппова периода (см. начало гл. II) приходился на 30 год после смерти Александра, т. е. 293 г. до н. э., второй же год Антонина соответствует 139 г. н. э. Упоминаемый Коперником промежуток равен 432 годам; следовательно, исходная точка счета аномалии соответствует 293—216 = 77 г. до н. э.

33 В современной форме рассуждения Коперника будут такими.

Движение точки весеннего равноденствия по эклиптике состоит из равномерного движения от c к a (рис. 9), т. е. против последовательности знаков зодиака, и гармонического колебания вокруг среднего положения b, получающегося в результате проекции на диаметр ac движения аномалии по окружности, в направлении последовательности знаков зодиака. Радиус этой окружности по определению Коперника равен 70′.

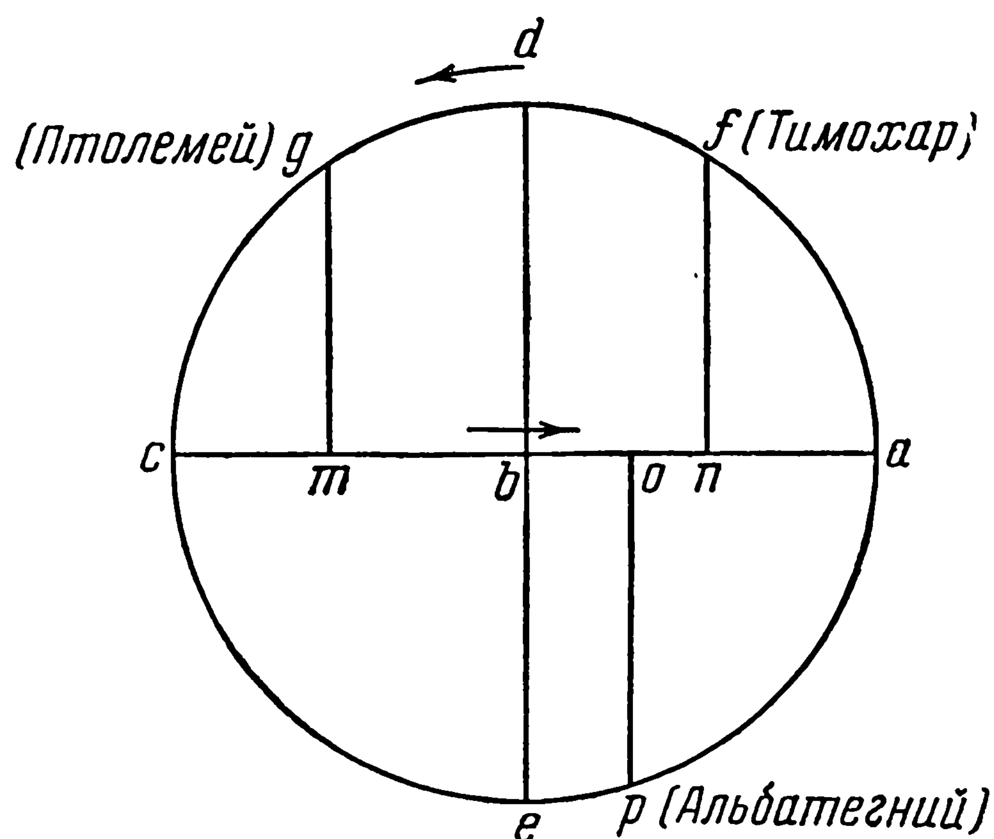


Рис. 9

Пусть точки f и g соответствуют эпохам наблюдения Тимохара и Птолемея; промежуток времени между обеими эпохами составляет 432 года. Пусть еще точка p соответствует наблюдению Альбатегния; промежуток времени между наблюдениями Птолемея и Альбатегния равняется 742 годам.

Для определения величины среднего годового движения пре-

цессии нужно знать период восстановления неравномерности. Первое предположение, сделанное Коперником, заключается в том, что этот период равняется 1819 годам, протекшим от Тимохара до его времени. Так как за это время смещение равноденственных точек равно 25°1′, то годовое движение будет

$$\frac{25°1'}{1819} \approx 50''.$$

Умножая 50″ на 432 египетских года первого промежутка, мы как раз получаем 21 600″, или 6°, которые у Коперника стоят в начале его вычисления (если бы мы воспользовались его таблицей среднего прецессионного движения, то получили бы для $432 = 7 \cdot 60 + 12$ лет среднее движение равным 6°1,5′).

Следующая за этим величина удвоенной аномалии получена по таблице движения аномалии равноденствий, где за $7 \cdot 60 + 12$ лет получается простая аномалия в 45°17′18″ и удвоенная — в 90°35′. Во втором промежутке от g до p среднее движение прецессии уже просто берется по таблице; за $742 = 12 \cdot 60 + 22$ года оно составит 10°20′49″, что Коперник округляет до 10°21′. Истинное перемещение было 11°30′, так что разность, которую необходимо прибавить, равняется 1°9′. Величина удвоенной аномалии 155°34′ опять получена Коперником по таблице; для 12,22 лет простая аномалия будет 77°47′12″, а удвоенная — 155°34′.

После этого Коперник проверяет свое предположение, что точка d начала отсчета аномалии находится как раз в середине дуги fg. Так как длина $mn = 100'$, а $mo = 69'$, то остаток on будет равняться 31′. С другой стороны, мы можем получить его, вычислив bo — синус дуги ep. Вычисление последней идет так:

$$ep = dg + gcep - 180° = 45°17\,{}^{1}/_{2}' + 155°34' - 180° = 20°51\,{}^{1}/_{2}.$$

Далее

$ob = 70' \cdot \sin\ 20°51{}^{1}/_{2}' = 70' \cdot 0{,}356 = 24{,}92' = 25'$ (у Коперника ошибочно 24′). Отсюда получается второе значение $on = bn - ob = 50' - 24' = 26'$, что на 5′ расходится с первоначальной величиной 31′.

Для того чтобы удовлетворить условиям задачи, Коперник сдвигает точку f вправо, а p — влево, полагая дугу df равной 48°5′ и соответственно $ep = 18°4'$; тогда $on = 70'\ (\sin\ 48°5' - \sin 18°4') = 30',38$. Это позволит ему определять начальную эпоху, соответствующую точке d.

Если от Тимохара до начальной точки d удвоенная аномалия прошла 48°5′, то от d до Птолемея она прошла 42°30′; следовательно, движение простой аномалии будет 21°15′. По таблицам Коперника движение за 202 года равно 21°10′35″; следовательно, если считать наблюдения Птолемея относящимися к 139 г., то исправленный год начальной эпохи будет 202—138 = 64, или 65-й г. до н. э. (строго говоря, это будет примерно за $64^{1}/_{2}$ г. до н. э.).

Начальная эпоха для среднего движения прецессии определяется так. Согласно основному положению начало отсчета идет от момента, когда точка весеннего равноденствия совпадала по долготе со звездой γ Arietis. В эпоху наблюдений Птолемея долгота этой звезды была 6°40′; остается определить, когда она равна была нулю. Простаферез точки f, соответствующей эпохе Птолемея, будет равен $bn = 70' \sin dg = 70' \cdot \sin 42°30' = 47'30''$; он будет отрицательным как находящийся в первой четверти. Прибавляя его к 6°40′, получим 7°27′30″. По таблице среднего движения находим, что это будет соответствовать 535 годам; вычитая отсюда 138 лет, приходим к 397 г. до н. э. Движение прецессии за 397 лет как раз составит 5°32′, которые стоят для эпохи Христа в таблице Коперника.

[34] Гл. X написана на вставном листе почерком, отличающимся от написания остальных глав рассматриваемой книги.

[35] Упоминаемые наблюдения Коперника относятся к 1525 г.; значит, данная глава и весь вставной лист, содержащий также конец гл. V, были добавлены Коперником после этого времени.

36 Эра Набонассара относится к 748 г. до н. э.; годы царствования Навуходоносора— 604—561 до н. э.; под Салманассаром, царем халдеев, по-видимому, следует подразумевать известного из Библии разрушителя Израильского царства Салманассара IV, царя Ассирии (727—722 гг. до н. э.,), хотя годы определенно не совпадают.

37 Цензорин, автор De die natali полуастрономического-полухронологического характера,— римский писатель эпохи Августа. М. Эмилий Лепид — третий член второго триумвирата; М. Випсаний Агриппа — выдающийся деятель эпохи Августа, женатый на дочери последнего; Юлий Мунаций Планк (у Коперника ошибочно Нумаций) — деятель эпохи Августа.

38 Египетский год содержит ровно 365 суток и поэтому пазывается равным (равновеликим) в отличие от римского, в котором бывает 365 и 366 суток.

39 16 апреля 1525 г. Приведенный Коперником расчет может быть представлен в следующем виде:

1525 лет 122 дня =	25,25 лет 2,2 дня
Эпоха Христа	5°; 32
25,00 лет	20 ; 55, 2
25 лет	20, 55, 2
2,00 дняй	16, 0
2 дня	16
Среднее прецессионное движение	26° 48′ 13″

Здесь согласно употреблявшемуся прежде счислению, перед запятой стоят шестидесятки соответствующих единиц, например 1525 лет равно 25·60 + 25, что сокращенно записывается как 25,25.

Эпоха Христа	6°; 45
25,00 лет	2,37; 15, 3
25 лет	2; 37, 15, 3
2,00 дня	2, 4
2 дня	2, 4
Простая аномалия	2,46; 39, 24 или 2,46°40′
Удвоенная аномалия 5,33°;	19 (у Коперника 5,33°; 20)

Так как окружность 360°= 6,00 шестидесяткам градусов, то удвоенная аномалия будет больше 180 и меньше 360°; следовательно, простаферез будет положительным. Так как 5,33 = 333°, то простаферез 0; 32,56 (у Коперника 0; 32).

Истинное прецессионное движение 26; 48 + 0; 33 = 27; 21.

Определение наклонности зодиака. Средняя наклонность зодиака — 23°40′, разность между наибольшей и наименьшей наклонностью — 24′, величина наименьшей наклонности — 23°28′. Простая аномалия 2,46 = 166°.

Для 165° пропорциональные части наклонности (4-й столбец таблицы простаферезов) составляют единицу. Так как 60 частей соответствуют 24′, то одна пропорциональная часть дает 24′′; следовательно, наклонность зодиака будет 23°28′+ +24″.

40 Таблица склонений градусов зодиака помещена во второй книге.

41 Последний пример разъясняет нам, почему для наклонности зодиака Коперник выбрал способ табулирования, значительно отличающийся от простаферезов равноденствий: он хотел сделать как бы вечной таблицу склонений знаков зодиака,

помещенную в гл. III второй книги. Поставленная им задача требует определения склонения точки эклиптики, лежащей на долготе 33°, для 880 египетского года н. э., когда пропорциональная часть для наклонности равнялась 25. По таблице склонений имеем для 33° склонение 12°32 для минимального угла наклона эклиптики 23°28′. Для наклона 23°38′

$$\delta = 12°32' + \frac{25}{60}\,12 = 12°32' + 5' = 12°37',$$

где 12 представляет соответствующую этому градусу зодиака разность в таблице склонений.

[42] То же самое выражение, что и в гл. III второй книги. Это показывает, что по крайней мере три первые главы второй книги составлены позже 1525 г.

[43] Сведения об определениях величины года Архимедом, Аристархом и Калиппом взяты Коперником из гл. II третьей книги Птолемея.

[44] Наблюдение было произведено в 883 г.

[45] 14 сентября 1515 г.

[46] 12 марта 1516 г.

[47] Сабит ибн Корра (826—901) из Харрана — выдающийся арабский математик и астроном IX в. н. э., переводчик Евклида и Архимеда.

[48] После Птолемея естественный год, по мнению Коперника, сделался «короче», так как прецессионное движение стало более быстрым.

[49] Для определения продолжительности сидерического года нужно измерять угловое расстояние Солнца от звезды, находящейся близ эклиптики, например от Регула. Так как непосредственное измерение невозможно, то прибегали к помощи Луны, определяя угловое расстояние от Солнца до Луны, когда они находятся над горизонтом, а затем, после захода Солнца, измеряя расстояние от Луны до звезды, учитывая, конечно, собственное движение Луны за истекший промежуток времени.

[50] Слова в квадратных скобках в манускрипте зачеркнуты.

[51] «...Солнце на зодиаке... отсекает неравные дуги...»— подразумевается в равные времена.

[52] Апсидами называются точки орбиты, в которых светило находится на наибольшем и наименьшем расстояниях от центра, в данном случае перигелий и афелий. Коперник говорит здесь о движении линии апсид.

[53] Продолжительность звездного года, по данным Сабита ибн Корра, равна 365; 15,23 дней; Коперник определяет ее в 365; 15, 24, 10; разница составляет 0; 0,1, 10. После этого Коперник вычисляет среднее годовое движение за египетский год (365 дней):

$$\frac{360 \cdot 365}{365;\ 15,\ 24,\ 10} = 5{,}59;44{,}49{,}7{,}4 \text{ *градусов*.}$$

Умножая это число на 60, получаем 5, 59, 44;49,7,4 *градусов*. Но $5{,}59 = 5 \cdot 60^2 + 59 \cdot 60 = 50 \cdot 360 + 9 \cdot 360$. Таким образом, после отбрасывания полных оборотов остается 5,44;49,7,4.

Среднее дневное движение будет

$$\frac{5{,}59{,}44;49{,}7{,}4}{365} = 0;59{,}8{,}11{,}22 \text{ *градусов*.}$$

Птолемей в соответствующем месте имеет дело с тропическим годом, продолжительность которого определяет в 365; 14,48 дней. У него среднее движение за день составляет

$$\frac{360}{365;\ 14,\ 48} = 0;59{,}8{,}17{,}13 \text{ *градусов*.}$$

[54] В дальнейшем Коперник определяет перемещение Солнца от движущейся точки весеннего равноденствия, необходимое для вычисления движения в тропических годах (in annis temporariis, как говорит Коперник). Для этого к перемещению за египетский год (по отношению к неподвижным звездам), равному 5,59°; 44, 49, 7, 4 прибавляется величина прецессионного движения за то же время 0°; 0, 50, 12, 5, что дает 5,59°; 45, 39, 19, 9. Величина прецессии прибавляется потому, что точка отсчета — прежнее положение точки весеннего равноденствия — перемещается против последовательности знаков зодиака, тогда как собственное движение Солнца по небесной сфере идет в направлении последовательности знаков.

Для этих перемещений Коперник составил таблицы: две первые (простое равномерное движение Солнца) характеризуют перемещение за один египетский год по отношению к неподвижным звездам, две последние (составное равномерное движение) дают перемещение за то же самое время по отношению к уходящей точке весеннего равноденствия. «Эпоха Христа 4,32; 31″ в первой таблице позволяет определить начальный момент отсчета — 221 г. до н. э.

У Птолемея, естественно, имеются только таблицы второго рода.

[55] Излагая теорию неравенства солнечного движения, Коперник широко использует материал гл. III третьей книги Птолемея под названием «О предварительных предложениях относительно равномерного и кругового движения». При этом Копернику приходится изменять рассуждения на случай движения Земли.

[56] Объяснение эпициклического движения у Коперника нельзя признать абсолютно ясным. В рассуждениях Коперника в точке e (рис. 10) находится неподвижное Солнце; Земля движется по часовой стрелке по эпициклу gik, центр a которого движется против часовой стрелки по окружности $abcd$. Требуется показать, каким представится с Земли движение Солнца.

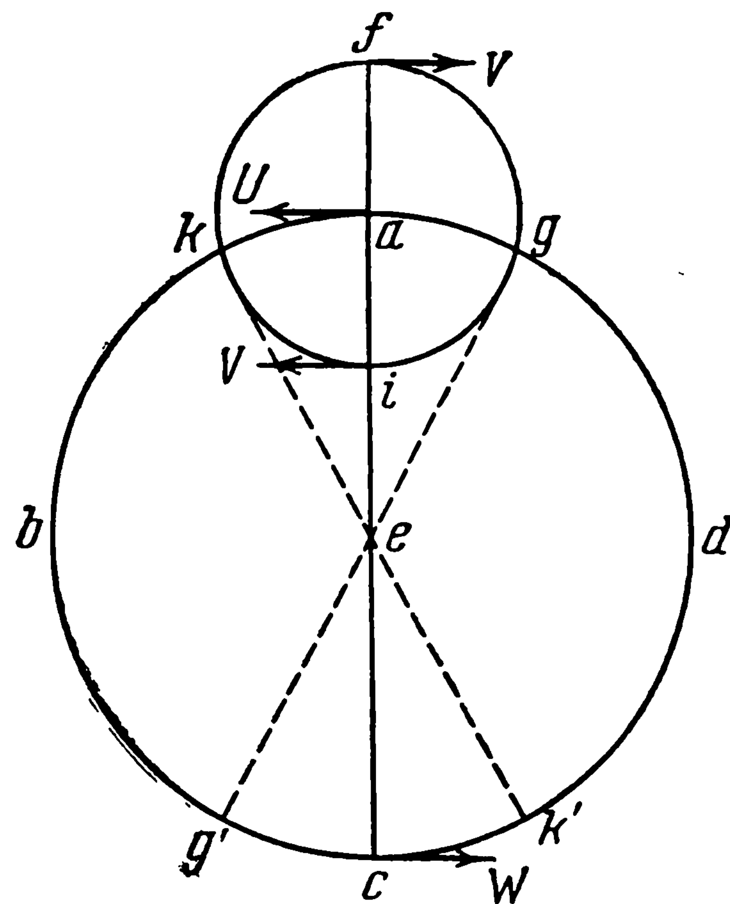


Рис. 10

Движение Земли мы можем рассматривать состоящим из переносного движения со скоростью u центра a эпицикла и относительного со скоростью v по эпициклу. В перигее i абсолютная скорость Земли будет наибольшей $u + v$ и направленной влево; следовательно, если мы хотим рассматривать движение Солнца по отношению к Земле, то мы должны, останавливая Землю, прибавить и Солнцу и Земле одинаковые скорости $u + v$ вправо; тогда Солнце будет казаться с Земли движущимся с наибольшей скоростью $u + v$. В апогее f абсолютная скорость Земли будет равна $u - v$ и соответственно наблюдаемая с Земли скорость Солнца будет наименьшей $w = u - v$. Далее, при нахождении Земли в точке g Солнце будет видимо в точке g' отстающим на дугу $cg' = ag$ от среднего равномерно движущегося Солнца, а в точке k, наоборот, обгоняющим на дугу $ck' = ak$.

[57] «...если эпицикл на гомоцентрическом круге и светило на эпицикле совершают одинаковые круговые движения...» — угловые скорости этих движений будут одинаковыми только по абсолютной величине, а направлены в противоположные стороны. В данном случае мы тоже будем иметь пару вращений, в результате чего светило c, движущееся по эпициклу с центром a, будет в абсолютном дви-

жении описывать окружность с центром o_1 и радиусом $o_1c = oa$, так что фигура oo_1ca будет представлять параллелограмм (рис. 11). Угол $o_1oa = \varphi$ представляет угол поворота радиуса oa центра эпицикла, а угол $bac = \varphi$ — угловое перемещение планеты в ее движении по эпициклу. Перигей и апогей светила в движении по эксцентрическому кругу будут находиться в точках i и f соответственно.

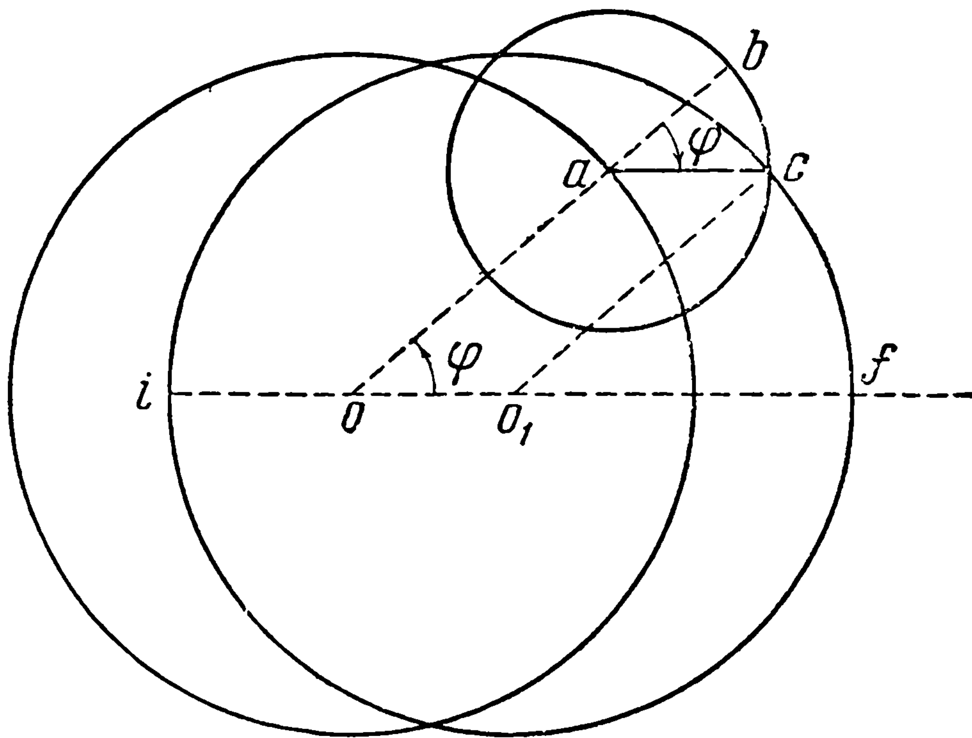


Рис. 11

[58] Термин «движение» означает у Коперника не скорость, а то, что мы назвали бы положением. Он хочет сказать, что в апсидах средние положения светил совпадают с видимыми, наибольшие же отклонения между обоими положениями получаются в точках касания эпицикла с прямыми, проведенными из центра круга, а на эксцентре — в местах, лежащих приблизительно посередине между обоими апсидами (в точках b и d на рис. 10), как показывает следующее за этим доказательство.

[59] Гл. XVI Коперника разбирает ту же тему, что и гл. IV третьей книги Птолемея. Последний для объяснения неравномерности видимого движения Солнца считал, что оно движется по окружности, центр которой не совпадает с положением Земли.

[60] Величины 91°10′ и 93°9′ получены Коперником по таблицам сложн го равномерного движения Солнца, приведенным в гл. XIV. По этим таблицам для $92^1/_2$ и $94^1/_2$ дня получим: 91°10′20″14‴ и 93°8′36″58‴.

[61] В записи Коперника встречаются некоторые округления.

Мы имеем $ab = 93°9'$; $bc = 91°10'$; $abc = 184°19'$; $ah = {}^1/_2\, abc = 92°9^1/_2{}'$; $hb = ab - ah = 59^1/_2{}'$ (у Коперника 59′); $ag = ah - hg = 92°\, 9^1/_2{}' - 90° = 2°9^1/_2{}'$ (у Коперника 2°10′); $\sin ag = \sin 2°\ 9^1/_2{}' = 0{,}0377$, как у Коперника; $\sin bh = \sin 59\ {}^1/_2{}' = 0{,}0173$ (у Коперника $0{,}0172 = \sin 59'$); $ef = \sqrt{377^2 + 172^2} = 415$ (у Коперника 414); $10\,000 : 415 = 24{,}1$ (у Коперника просто 24); $\sin nh = 173/415 = 0{,}417 = \sin 24°40'$ (у Коперника просто $24^1/_2°$); $cd = ik - (ag + bh) = 90° - (2°9\ {}^1/_2{}' + 59\ {}^1/_2{}') = 86°51'$; $cda = 360° - 184°19' = 175°41'$; $ad = acd - cd = 88°50'$ (у Коперника 88°49′). Далее по таблицам составного движения Солнца находим, что 86°51′ соответствуют $88^1/_8$ дня, а 88°50′ (или 88°49′) как раз $90^1/_8$ дня.

[62] Дуга bc может быть пройдена за $45^{16}/_{60}$ дня; по таблице составного среднего движения Солнца находим, что она равна 44°37′. Тем самым определяется угол bac в градусах, 360 которых равны двум прямым. Так как в видимом движении дуга между осенним равноденствием и серединой знака Скорпиона равна 45°, то угол bfc составляет 45 обычных градусов, или 90 таких, 360 которых равны двум прямым. Это позволяет нам определить дугу $ad = 90° - 44°37' = 45°23'$. Так как дуга bca будет пройдена за 178; 53,30 дней, то ее величина в градусах — 176°19′26″ (у Коперника просто 176°19′). Вычитая отсюда $bc = 44°37'$ и прибавляя $ad = 45°23'$, получаем дугу cad, равную 177°5′26″ или, с округлением, $177°5\ {}^1/_2{}'$, как и стоит в манускрипте и во всех изданиях, кроме торнского, где имеется только 5′.

[63] Для определения эксцентриситета надо найти отношение ef к радиусу окружности.

Если последний принят за 100 000, то по таблице хорд вычислим прямые

$$ac = 100\,000 \cdot 2 \sin \frac{ac}{2} = 100\,000 \cdot 2 \sin \frac{131°42\,{}^1/_2{}'}{2} = 182\,494;$$

$$cd = 100\,000 \cdot 2 \sin \frac{177°5\,{}^1/_2{}'}{2} = 199\,935$$

(у Коперника 199 934). В треугольнике acf известна сторона ac и углы $a = 44°37'$ и $c = 45°23'$. Отсюда

$$cf = ac \frac{\sin a}{\sin (a+c)} = 182\,494 \frac{\sin 22°18\,{}^1/_2{}'}{\sin 45°} = 97\,967.$$

Далее, поскольку $ck = kd$,

$$fk = {}^1/_2\,(fd - cf) = {}^1/_2\,(cd - 2cf) = {}^1/_2\,(199\,934 - 2 \cdot 97\,967) = 2000.$$

Соединим центр e с точками c и d. В полученном равнобедренном треугольнике углы при основании будут измеряться половиной дуги, представляющей разность между полуокружностью и дугой cad, т. е.

$$180° - 177°\ 5^1/_2{}' = 2°54\ {}^1/_2{}'.$$

Отсюда определяется прямая ek

$$ek = ed \sin 1°27\ {}^1/_4{}' = 100\,000\ \sin 1°27\ {}^1/_4{}' = 2534.$$

Далее

$$ef = \sqrt{ek^2 + fk^2} = \sqrt{2534^2 + 2000^2} = 3228,$$

$$\operatorname{tg} efk = \frac{2534}{2000} = 1{,}267, \quad \angle efk = 51°40',$$

$$\angle afe = 45° + efk = 96°40', \quad \angle bfe = 180° - afe = 83°20'.$$

Эксцентриситет равняется

$$\varepsilon = \frac{ef}{el} = \frac{3228}{100\,000} = \frac{1}{31}.$$

Известно, что с точностью до ε^2 кеплерово движение по эллипсу можно представить равномерным угловым движением из второго фокуса. В таком случае под эксцентриситетом нужно понимать расстояние между обоими фокусами, равное удвоенному эксцентриситету в обычном смысле. Тогда найденный Коперником эксцентриситет будет соответствовать обычному $\varepsilon = {}^1/_{62} = 0{,}01614$, что близко к современному значению (для эпохи 1525 г.) 0,01691.

Положение апогея определяется дугой afc, равной 96°40′ (от весеннего равноденствия) или 6°40′ (от летнего солнцестояния), в направлении последовательности знаков зодиака.

64 Речь идет об определении наибольшей величины того, что в современной астрономии называется уравнением центра. Пусть на рис. 12 точка E представляет Землю, равномерно движущуюся по эклиптике, центр которой находится в C, а S эксцентрично расположенное Солнце. При наблюдении из E видимое положение Солнца будет в F, а среднее равномерно движущееся Солнце

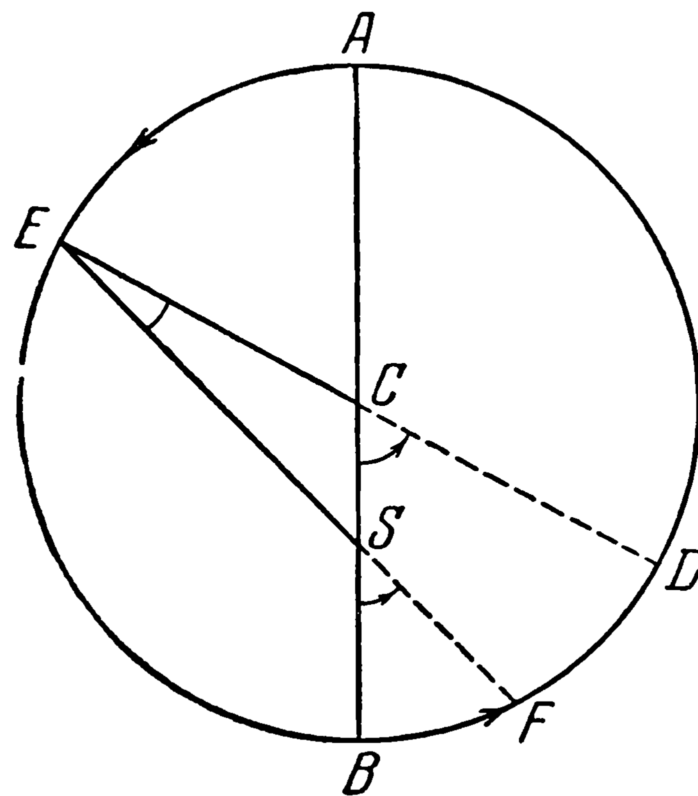


Рис 12

было бы в D. Дуга BD характеризует так называемую среднюю долготу Солнца, определяемую вычислением в предположении равномерного движения Солнца, а дуга BF — истинную долготу Солнца. Разность между этими двумя величинами, т. е. угол CES, будет уравнением центра; оно равняется нулю для положений Земли в точках A и B и имеет наибольшую, положительную или отрицательную, величину, когда радиус-вектор ES будет перпендикулярен к AB. Эту наибольшую величину Птолемей нашел равной 2°23′, а Коперник — 1°51′; современное наибольшее значение уравнения центра составляет 1°55′. На рис. гл. XVIII $ed = 0$; $1{,}56$, $db = 1$ и $\sin ebd = 0{,}03222$; следовательно, угол $ebd = 1°51'$, дуга $ab = 91°51'$, а $bc = 88°9'$.

65 «... после третьего дня из вставочных...» Египетский год состоял из 12 месяцев по 30 дней, к которым в конце года прибавлялось пять «вставочных», или эпагомен.

66 Расчет Коперника следующий.

	Прецессионное движение	Простая аномалия	Удвоенная аномалия
Эра Александра	1° 2′	332°52′	305°44′
177 = 2,57 лет { 2,0	1°40′24″	12°34′48″	25° 9′36″
57	47′41″28‴	5 58 32	11 47 4
363 = 6,3 дня { 6,0	49″	6 12	12 24
3	24‴	3	6
	3°30′55″	—	342°53′10″

Простаферез + 20′.

Перемещение точки весеннего равноденствия 3°30′55″+ 20′= 3°51′. Коперник берет 3°50′ от головы Овна против последовательности знаков зодиака; следовательно, расстояние точки осеннего равноденствия от головы Овна будет 180°+ +(—3°50′)= 176°10′ в направлении последовательности знаков.

Далее, в гл. XVI Коперник говорит, что в эпоху Гиппарха верхняя апсида на 24 $^1/_2$° предшествовала (находилась к западу) точке летнего солнцестояния; следовательно, положение Солнца по отношению к верхней апсиде было 90° (от осеннего равноденствия до летнего солнцестояния) + 24 $^1/_2$°= 114 $^1/_2$°, считая от верхней апсиды в направлении последовательности знаков.

На чертеже Коперника круг abc одновременно рассматривается и как эклиптика. Относительно точки b Коперник говорит: unde sol autumnalis apparuerit (из которой являлось Солнце осенью), что приходится переводить словами «в которой наблюдалось Солнце».

Так как во времена Гиппарха эксцентриситет равнялся $^1/_{24}$, то $de = {}^{1000}/_{24} = 417$, как и стоит в манускрипте (в торнском издании неправильно 414, в других изданиях — 415). Затем решается треугольник bde (с неправильной ссылкой на плоскую тригонометрию: надо брать не четвертое, а шестое предложение). Угол b определяется из пропорции

$$\sin b = \frac{417}{10\,000} \sin 114°30' = 0{,}03794.$$

Из своих таблиц Коперник получает $b = 2°10'$. Угол b представляет уравнение центра; следовательно, в среднем движении (вокруг d) долгота Солнца (от головы Овна) будет $176°10' + 2°10' = 178°20'$.

67 Это было 14 сентября 1515 г. Согласно вычислению, аналогичному предыдущему, в эпоху наблюдения Коперника перемещение точки весеннего равноденствия было $27°15'$ и, следовательно, долгота точки осеннего равноденствия (от головы Овна) равнялась $180° - 27°15' = 152°45'$. Расстояние точки осеннего равноденствия от верхней апсиды в конце гл. XVI было определено Коперником в $83°20'$. Решая треугольник bde (опять-таки на основании шестого предложения о плоских треугольниках), находим $\sin b = 0{,}0323 \cdot \sin 83°20' = 0{,}0321$, откуда по таблице Коперника $b = 1°50'$.

На описанной около треугольника bde окружности дуга $bd = 2 \cdot 83°20' = 166°40'$, а хорда bd, соответствующая удвоенному синусу $83°20'$, по таблицам Коперника будет равна $2 \cdot 9932 = 19\,864$ таким частям, каких в радиусе окружности bde было 10 000. На основании этого Коперник определяет эксцентриситет de; он будет равен $10\,000 \cdot \sin 3°40' = 639{,}5 \simeq 640$; дуга de стягивает центральный угол $1°50'$. Величина $1°50'$ — коперниковский «простаферез» — есть наше уравнение центра. Угол bed — истинная аномалия, а bda — средняя аномалия, равная в рассматриваемом случае $83°20' + 1°50' = 85°10'$. Чтобы получить среднюю долготу Солнца, мы должны к долготе $152°45'$ осеннего равноденствия прибавить $1°50'$, что дает в сумме $154°35'$. Так как в эпоху Гиппарха положение Солнца в момент осеннего равноденствия было $178°20'$, то среднее движение будет

$$154°35' - 178°20' + 360° = 336°15',$$

что примерно соответствует табличной величине среднего движения за 1662 египетских года и 37; 18,45 дней (надо считать по таблице простого движения Солнца, так как движение относится к неподвижным звездам — голове Овна):

			Среднее движение
1662 = 27,42 года	27		310° 6′10″
		42	349 22 23
37; 18,45 дней	37		36 28 3
	0, 18		17 44
	0; 0,45		44
			336° 15′ 4″

68 Гинетия — Фромборк (от греческого γύνη — женщина).

Строго говоря, следовало бы учесть разницу времени между меридианами Александрии и Фромборка. Однако поскольку эта разница составляет около одного часа, то перемещением Солнца за это время (около 2,5′) можно пренебречь.

69 Так как Альбатегний жил в середине IX в., а Птолемей — в середине II в., то надо читать 740 лет, а не 640, как в торнском издании. В начале гл. II Коперник определяет этот промежуток времени в 1202 — 462 = 740 лет.

70 Идея Коперника для объяснения второго неравенства видимого движения Солнца заключается в следующем.

Пусть KLM представляет круговую орбиту Земли; центр C этой орбиты описывает в направлении, противоположном движению Земли, небольшую окружность EF вокруг неподвижного центра C, находящегося на одном и том же расстоянии от Солнца S (рис. 13). Во время движения C линия апсид орбиты Земли будет совершать колебания вокруг своего среднего положения $AGSB$, а эксцентриситет SC земной орбиты будет изменяться от наибольшего до наименьшего значений SE и SF. При этом сама линия AGB будет медленно вращаться вокруг Солнца

в том же направлении, что и Земля, т. е. в направлении последовательности знаков зодиака.

71 Что касается второго метода Коперника, то его остроумие и изящество выяснится, если мы построим механизм, который воспроизводил бы это движение кинематически.

Рис. 13

Пусть вокруг неподвижного центра c вращается стержень ci (точка i представляет одно из положений центра a эпицикла cd Коперника), так что угол $fci = \varphi$ (рис. 14). По отношению к стержню ci с такой же угловой скоростью вращается другой стержень igd, который заканчивается жестко соединенным с ним кругом $f'g$ (второй эпицикл Коперника); угол поворота этого стержня по отношению к ci будет тоже φ, но уже в противоположную сторону. В таком случае в результате имеющейся «пары вращений» стержень igd вместе с прикрепленным к нему эпициклом $f'g$ будет совершать круговое поступательное движение: центр окружности, описываемой точкой i, будет c, для точки d соответствующий центр будет в l, а для произвольной точки o эпицикла центр описываемой им окружности с радиусом, равным ci, будет в точке p. Если точку o перемещать по окружности эпицикла, то центры соответствующих окружностей — траекторий этих точек — опишут окружность mpn; линия апсид ck будет колебаться около среднего положения cnm, а эксцентриситет cp — изменяться между наименьшим cn и наибольшим cm. Прямая cf, подобно AB предыдущего чертежа, может медленно вращаться вокруг c.

Таким образом, мы еще раз видим, что Коперник прекрасно понимал, что от сложения двух вращений с равными по величине и противоположными по знаку угловыми скоростями получается поступательное движение (в данном случае круговое) и что все точки фигуры, совершающей такое движение, описывают одинаковые траектории. Все эти факты были надлежащим образом выяснены лишь

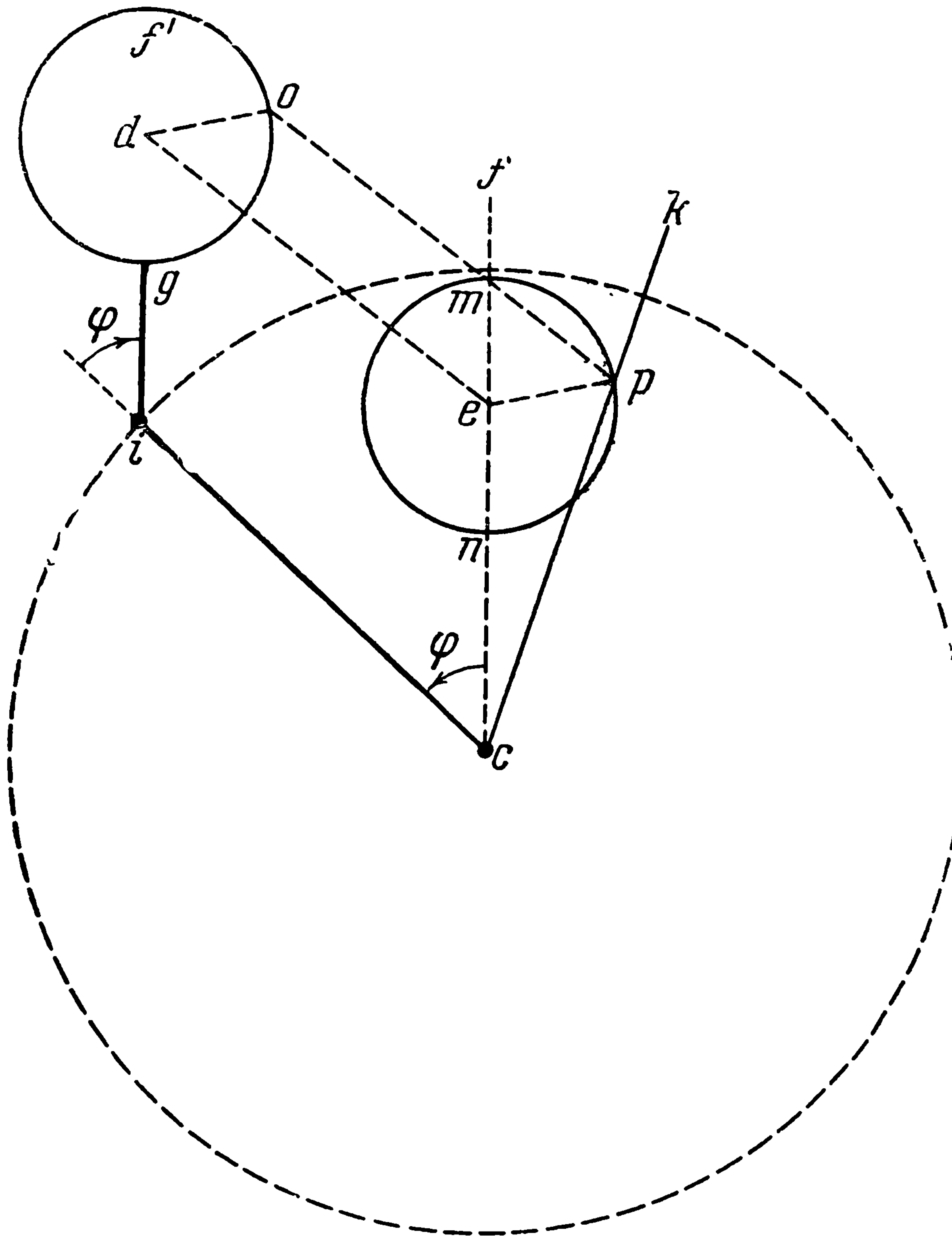


Рис. 14

в первой половине XIX столетия, когда кинематика выделилась в самостоятельный раздел механики.

72 Если дуга *cd* равняется 14°21′, то опирающийся на нее угол будет 7°10,5′, если считать, что 360° соответствуют окружности. Нужно учитывать, что Коперник имеет дело с двумя античными системами измерения углов — для центральных $4d = 360°$, для вписанных $2d = 360°$.

73 Как показывает проверочный расчет, Коперник принимал $ab = 417$, как стоит в манускрипте, а не 414, как в торнском издании. Равным образом в диаметре круга, описанного около треугольника *abc*, надо считать 10 000 частей (у Коперника описка — 100 000, как в таблице половин хорд первой книги). Произведенные расчеты дают $ac = 95{,}14$; $ad = 95{,}89$; $\angle abc = 2°6\,{}^1/_2{}'$.

[74] Коперниковский простаферез в настоящее время носит название уравнения апогея; он представляет разность между истинным (видимым) и средним положением апогея.

[75] В манускрипте 368 (первоначальное значение 368 1/2). В торнском издании 366.

[76] Собственно говоря, 71°32′ — 60°52′ = 10°40′. При делении на 1580 лет это дает 24 1/3″ в год. В настоящее время считается 11,6″.

[77] Аномалией называется угловое расстояние Солнца от апогея. Мы получаем ее при вычитании из простого движения Солнца (расстояние от первой звезды Овна) соответствующих изменений положения апогея. Таблицы аномалии Солнца даны в конце гл. XIV этой книги.

[78] В этом месте манускрипт и торнское издание дают 83°58′. В действительности среднее расстояние Солнца от 0° Arietis в момент осеннего равноденствия 1515 г. было (гл. XVIII) 154°35′. Вычитая отсюда 71°32′, получаем 83°3′, как стоит во всех изданиях.

[79] Движение Солнца определяется следующим образом. Сначала определяется положение апогея; его движение состоит из двух частей — перемещения среднего апогея и колебания около последнего, определяемого уравнением апогея (второе неравенство Коперника, которое он называет двойным). Затем берется простое движение Солнца (по отношению к неподвижным звездам), к которому прибавляется уравнение центра (первое неравенство Коперника). Зная положение апогея и расстояние Солнца от апогея, можно найти положение Солнца по отношению к неподвижным звездам.

Таблица гл. XXIV содержит необходимые для этого вычисления данные. Первый столбец представляет значения аргумента, которым является аномалия (таблицы в конце гл. XIV); а для второго и третьего столбца аргументом служит угол, определяющий движение точки, описывающей окружность, необходимую для установления величины второго неравенства (гл. XXI). Так как это неравенство по существу отражает эллиптичность орбиты Земли, то аргументом в данном случае тоже является аномалия.

Второй столбец (простаферез центра) содержит значения того, что теперь называется уравнением апогея, а третий дает пропорциональные части, позволяющие оценить влияние второго неравенства на уравнение центра.

В четвертом столбце (простаферез орбиты) представлены значения первого неравенства, соответствующего нашему уравнению центра, вычисленные для наименьшего значения эксцентриситета, а в пятом — добавки, которые нужно прибавить к числам четвертого столбца, чтобы получить значения уравнения центра для наибольшего эксцентриситета. Содержащаяся в нем величина 32′ представляет разность крайних значений уравнений центра — 2°23′ для эпохи Птолемея и 1°51′ во время Коперника, как сказано в гл. XVII. При промежуточных значениях эксцентриситета добавка вычисляется умножением величины пятого столбца на число шестидесятых долей, стоящее в соответствующем месте третьего столбца.

[80] См. таблицу гл. VI.

[81] См. таблицы гл. XIV.

[82] См. таблицу гл. VIII.

[83] Греческое слово ἀμφιβολικῶς означает «двусмысленно» или «двояко».

[84] Последняя глава третьей книги, трактующая о различии между средними и истинными солнечными сутками, соответствует гл. VIII третьей книги Птолемея. В конце главы вместо классической эры олимпиад и эры до рождества Христова, которые рассматривает Коперник, у Птолемея приводятся данные, касающиеся эры Набонассара.

Следует помнить, что временными градусами Коперник называет градусы прямого восхождения.

85 «... в зависимости от наклонности сферы...»— от широты места.

86 «... 10 три тысячи шестисотых долей дня...» В подлиннике vel X scrupula secunda unius sexagesimae diei. Слово sexagesimae лишнее.

87 Расчет производится так:

	Прямое восхождение среднего Солнца	Долгота истинного Солнца
Первая Олимпиада . .	90°59′	90°36′
Рождество Христово . .	278 2	278 48
Разность	187°3′	188°12′

Разность прямых восхождений, соответствующую дуге эклиптики от 90°36′ до 278°48′, Коперник определяет в 188°54′ по экватору (так в печатных изданиях; в манускрипте и торнском издании неправильно 178°54′). Разность 188°54′—187°3′ = 1°51′, что составляет 7 минут времени.

Книга четвертая

1 Слова в квадратных скобках взяты из рукописи Коперника (позднее были зачеркнуты).

2 В рукописи стояли слова, зачеркнутые позднее Коперником:

«Крайний северный предел греки называли catabibazon (нисходящий), так как от него Луна начинает опускаться и направляется к югу, а другой нижний южный предел anabibazon (восходящий), откуда Луна подымается и возвращается к северу».

3 Коперник описывает механизм движения Луны в том виде, в каком он был дан Птолемеем.

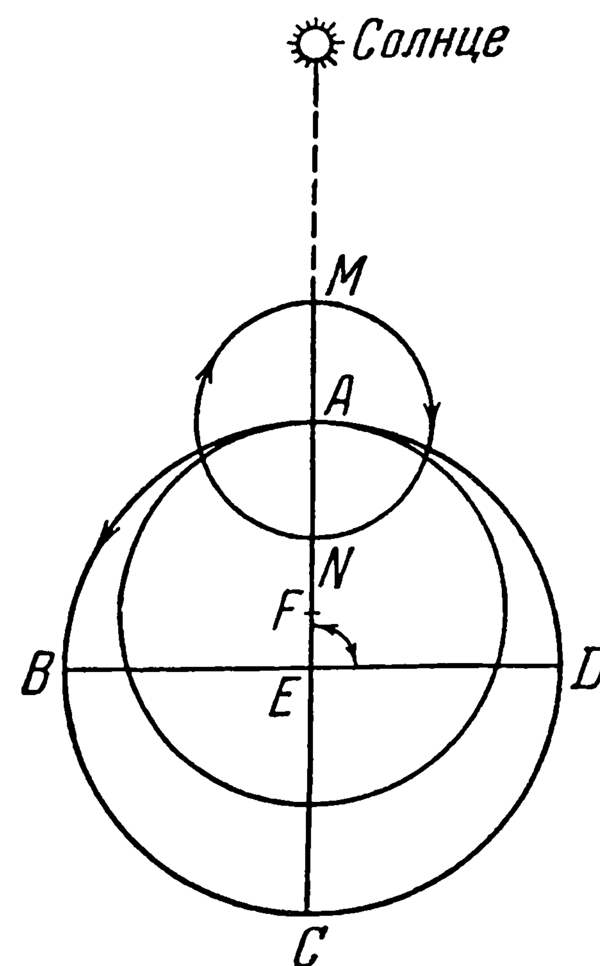


Рис. 15

Первое неравенство в движении Луны, известное еще до Птолемея, объяснялось при помощи эпицикла (рис. 15). Центр эпицикла A по гомоцентрическому кругу и Луна M по эпициклу двигались в противоположные стороны (центр A — против часовой стрелки, а Луна — по часовой стрелке) и совершали в абсолютном движении полный оборот относительно прямой AEC, все время проходящей через Солнце, в течение одного синодического месяца ($29^1/_2$ дней); тогда движение Луны казалось наиболее медленным в точке M эпицикла и наиболее быстрым в точке N. От сложения двух вращений в противоположные стороны, как это неоднократно показывал Коперник, получалось движение Луны вокруг Земли по эксцентрическому кругу, центр F которого все время находится на прямой, соединяющей центр E Земли с Солнцем.

Второе неравенство движения Луны, имевшее наибольшее значение в квадратурах, было открыто Птолемеем; это так называемая эвекция. Для объяснения этого неравенства Птолемей создал теорию, изложенную им в гл. II пятой книги «Альмагеста». Он предположил, что получившийся эксцентрический круг не остается неподвижным, а совершает в течение месяца один оборот по часовой стрелке вокруг Земли

по отношению к линии, соединяющей центр Земли с Солнцем; таким образом, прямая CEA всегда будет биссектрисой угла между линиями, направленными к центрам эксцентрического круга и эпицикла.

В изображенном на нашем рисунке положении Луна, находящаяся в неподвижной на эпицикле точке M (нужно помнить, что вращается не Луна по эпициклу, а эпицикл вместе с Луной), будет в новолунии и в апогее эксцентрического круга. Если центр F последнего сделает четверть оборота и окажется на линии ED справа от E, то центр эпицикла A будет на той же линии слева от E, а Луна, находящаяся в точке M эпицикла, совершающего поступательное круговое движение, будет в квадратуре и в перигее экцентра. Еще через четверть оборота точка F и центр эпицикла A окажутся на прямой EC, обе ниже точки E; центр эпицикла A будет опять в наибольшем расстоянии, а Луна, находящаяся на линии EC, будет в апогее и в полнолунии. Таким образом, описанный механизм приводит к тому, что полнолуния и новолуния совершаются в апогее эксцентра, а квадратуры — в его перигее.

4 Коперник борется с предложенным Птолемеем понятием экванта, согласно которому равномерное возрастание углов, описываемых радиусами, будет происходить не по отношению к центру круговой орбиты, а к какой-то другой точке, в данном случае к центру Земли.

5 Этой точкой на чертеже является точка i, точное положение которой Коперником не указано.

6 Напомним, что под «двойным отношением» Коперник, как и все античные математики, понимает отношение, возведенное в квадрат.

7 После слова «Солнцу» в манускрипте стояли зачеркнутые слова «при соединениях со звездами мы никогда не получим более удобных, чем здесь, случаев».

8 Метон — греческий астроном и математик, ввел в 432 г. до н. э. цикл в 19 лет, по истечении которого фазы Луны повторяются в те же числа месяцев. Год 432 падает на 87-ю олимпиаду — период в 4 года, начатый в 778 г. до н. э. Поэтому Коперник, по-видимому, допускает ошибку, когда упоминает про 37-ю олимпиаду.

9 Синодический месяц отсюда получается равным 29,5305933 суток, что лишь на 0,0000051 суток, или 0,44 сек, отличается от нынешнего точного значения 29,5305882 суток.

10 Сведения о периодических движениях Луны по Гиппарху Коперник взял из гл. II четвертой книги «Альмагеста». Здесь под «месяцем» подразумевается синодический месяц σ и «возвращения» относятся к узлу, т. е. драконическому месяцу δ. Разлагая точное отношение σ/δ в непрерывную дробь и находя последовательные подходящие дроби, получим такой ряд:

$$\frac{12}{11},\ \frac{13}{12},\ \frac{38}{35},\ \frac{51}{47},\ \frac{242}{223},\ \frac{777}{716},\ \frac{4127}{3803},\ \frac{4904}{4519},\ \ldots$$

Здесь пятая дробь дает $242\,\delta = 223\,\sigma$. Это известный еще в древности период повторяемости затмений, называемый саросом и равный 6585,3 суток. Числа, которыми пользуется Коперник, есть сумма пятой, шестой и восьмой подходящих дробей:

$$242 + 777 + 4904 = 5923 \text{ и } 223 + 716 + 4519 = 5458.$$

11 Число, поставленное в скобки, в манускрипте отсутствует.

12 В торнском издании «1 секунду 1 терцию 44 кварты».

13 В подлиннике оригинальный оборот Motus lunae aequalis, quo differt a motu terrestri. Так как движение Земли отражается на небе как видимое движение Солнца, то под этими выражениями просто следует понимать движение Луны по отношению к Солнцу.

[14] В нижеследующих таблицах два последние столбца содержат числа секунд и терций, находящиеся в рукописи Коперника.

[15] Амстердамское издание 1617 г. дает на полях: Эпоха Христа 3,27°7′.

[16] В рассматриваемом месте Коперник следует тексту Птолемея (кн. IV, 5), несколько сокращая его. Птолемей берет три затмения, записанные вавилонскими астрономами, а затем три наблюденные им самим. Коперник в качестве первой триады берет наблюдения Птолемея, а в качестве второй — три наблюдения, сделанные им самим в 1511, 1522 и 1523 гг.

[17] В тексте торнского издания ошибка: 12 (вместо 13) с четвертью градусов Тельца.

[18] В манускрипте ошибка: 137 (вместо 138) градусов 55 минут.

[19] В торнском издании 86 градусов 38 $^1/_2$ минут, как стояло выше, вместо 38 минут, как в манускрипте. Как показывает проверка, точное значение 86°98′10″. Изменение было сделано Птолемеем.

[20] Под годами одинаковой продолжительности Коперник подразумевает египетские года в 365 дней. Первый промежуток 10 лет 337 дней и 45 минут при переводе в шестидесятеричную систему дает нам 10 лет 5,37; 2 дня, а второй промежуток 354 дня 3 часа 9 минут равен 5,54; 8 дня.

При проверке вычислений Коперника следует помнить, что таблицы Луны, помещенные в гл. IV, дают только среднее движение относительно Солнца; таким образом, для получения истинного среднего движения Луны надо еще прибавить среднее движение Солнца по таблицам гл. XIV третьей книги.

[21] Разность между средними движениями Луны и Земли, т. е. Солнца, определяется следующим образом.

Затмение	Среднее положение (долгота)		Разность
	Солнце	Луна	
1-е	204°13′	22° 3′	360°+22°3′ — 204°13′ = 177°50′
2-е	173 59	356 50	356°50′ — 173°59′ = 182°51′
3-е	163 2	343	343° — 163°2′ = 179°58′

В манускрипте последнее число в первой строке — 177°51′.

Очень любопытное место, показывающее, какой большой инерцией обладал геоцентрический способ представления движений даже у Коперника. Во время затмений истинная разница долгот Луны и Солнца равняется 180°; к этой же величине должна быть близка и разность долгот средних положений Луны и Солнца, если наблюдать с Земли. Когда же Коперник чисто формально заменяет движение Солнца движением Земли, то получается бессмыслица, так как при наблюдении с Солнца разность долгот Земли и Луны будет равна нулю (для истинных положений) и близка к нему для средних.

[22] Под месяцем подразумевается полный месячный оборот 360°. «...четыре минуты одного градуса...» получились после вычитания 182°51′ — 182°47′= 4′. Равным образом, движение аномалии 74°27′— 64°38′ = 9°49′.

[23] По вычислениям Коперника между рассматриваемыми затмениями изменение положения Луны было 360° + 4′, по вычислениям Гиппарха и Птолемея — 359°28′. Разность составляет 360°4′— 359°28′= 36′ (в тексте 26′).

Если движение аномалии по Птолемею было 9°9′, то для получения коперниковских 9°49′ надо добавить 40′ (в тексте 38′). 38′ получится, если взять первоначальную величину рукописи 9°11′, переправленную позднее на 9°9′.

[24] В этой главе Коперник занимается вторым неравенством лунного движения, а именно открытой Птолемеем эвекцией, которой посвящена пятая книга «Альмагеста» (гл. I—IX). Эвекция была обнаружена следующим образом.

Для положений Луны в меридиане (когда исключалось влияние параллакса на долготу), вычислялось среднее место Луны и находились величины отклонения истинного положения Луны от среднего. Птолемей сопоставил целый ряд таких наблюдений с фазами Луны; оказалось, что отклонения гораздо больше в квадратурах, чем в сизигиях (полнолуние и новолуние). Из этих отклонений были, в свою очередь, отобраны наибольшие; они должны были получаться тогда, когда линия, соединяющая центры Земли и Луны, будет касательной к эпициклу и, следовательно, отклонение Луны от среднего положения будет равняться радиусу эпицикла. Наибольшая разница достигала 7°40′, тогда как первое неравенство могло дать максимальное отклонение только в 5°.

[25] По таблицам Коперника sin 7°40′ = 0,1334.

[26] В манускрипте 861. По таблицам Коперника sin 4°56′ = 0,0860. Следовательно, угол $cdf = 4°56'$.

[27] Общий механизм движения Луны по Копернику может быть представлен следующим образом (рис. 16).

Пусть T — место Земли, а S — Солнце. Точки O_1, O_2, O_3, O_4 представляют положения Луны на ее орбите в среднем равномерном движении: вращение радиуса TO совершается против часовой стрелки; время полного оборота соответствует синодическому месяцу (примерно $29^1/_2$ суток) — промежутку времени между двумя последовательными новолуниями; иными словами, по истечении синодического месяца Луна возвращается в то же самое положение относительно Солнца. Точка O_1 является центром первого эпицикла; она перемещается по указанной орбите $O_1O_2O_3O_4$ в течение синодического месяца; радиус O_1A этого эпицикла вращается в противоположном направлении, т. е. по часовой стрелке и совершает полный оборот в течение аномалистического месяца — времени, протекающего между двумя последовательными прохождениями Луны через апогей или перигей (Коперник, следуя примеру древних и средневековых астрономов, берет исходной точкой апогей). Аномалистический месяц несколько меньше синодического; на рисунке для простоты мы приняли его равным синодическому.

По окружности первого эпицикла движется центр второго эпицикла; его последовательные положения будут A, B, C, D. Этот второй эпицикл несет Луну L; он вращается против часовой стрелки и делает полный оборот за половину синодического месяца.

Пусть начальное положение L_1 соответствует новолунию и апогею. Луна в новолунии находится в самой нижней точке второго эпицикла. По истечении четверти синодического месяца радиус TO повернется на 90° и займет положение TO_2; радиус O_1A первого эпицикла повернется примерно на 90° по отношению к радиусу TO_1 и займет положение O_2A; Луна сделает вместе со вторым эпициклом пол-оборота и окажется в точке L_2. Если вначале истинное положение Луны совпадало со средним, то теперь для определения истинного положения нужно из средней долготы вычесть угол ATO_2 — так называемое уравнение центра — и угол ATL_2, или эвекцию; во время движения от O_1 к O_2 оба эти угла, как нетрудно видеть, увеличивались. По истечении второй четверти оборота Луна, сделав еще пол-оборота по второму эпициклу, придет в положение L_3: уравнение центра и эвекция обратятся в нуль. Сделав еще четверть оборота, Луна перейдет в положение L_4; уравнение центра и эвекция тоже будут возрастать, но только теперь они будут уже положительными.

Конечно, в действительности дело обстоит несколько сложнее: не всегда Луна в новолунии будет находиться в апогее, так что уравнение центра для положений O_1 и O_3 (полнолуние) может быть и не равно нулю, но эвекция в этих случаях

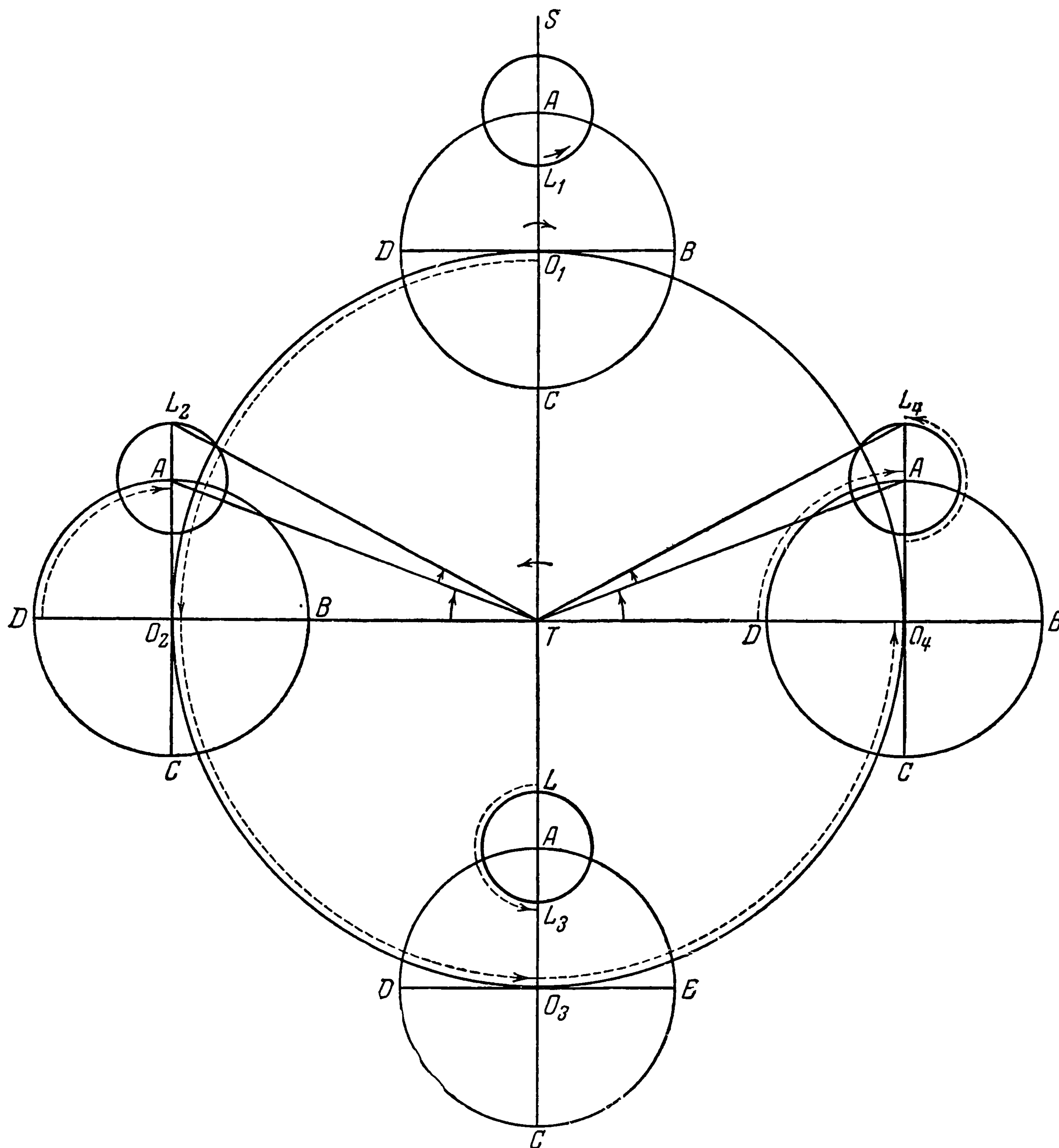


Рис. 16

должна всегда равняться нулю. Подобным образом, вследствие неравенства синодического и аномалистического месяца, прямые O_1A, O_2A, O_3A, O_4A не будут параллельными и по истечении синодического месяца начальное положение не восстановится полностью, но все это лишь детали, несколько осложняющие описанный механизм.

28 Число 38°46′ получается следующим образом. Наибольшее влияние второго эпицикла на величину аномалии будет замечаться в точках касания со вторым эпициклом прямых, проведенных из центра O первого эпицикла (рис. 17). Рассмотрим поло-

жение новолуния, когда Луна будет находиться в точке L_1 на линии, соединяющей центры Земли и Солнца. Если Луна находится в апогее, то на той же прямой будет находиться и центр O первого эпицикла. Угол $AOL = 12°28'$; угол L расположен в точке касания прямой, следовательно, угол $OAL = 77°32'$. На этот угол должен повернуться из исходного положения второй эпицикл. Так как эпицикл вращается вдвое быстрее радиуса TO орбиты среднего движения Луны, то поворот последнего будет вдвое меньше, а именно 38°46'.

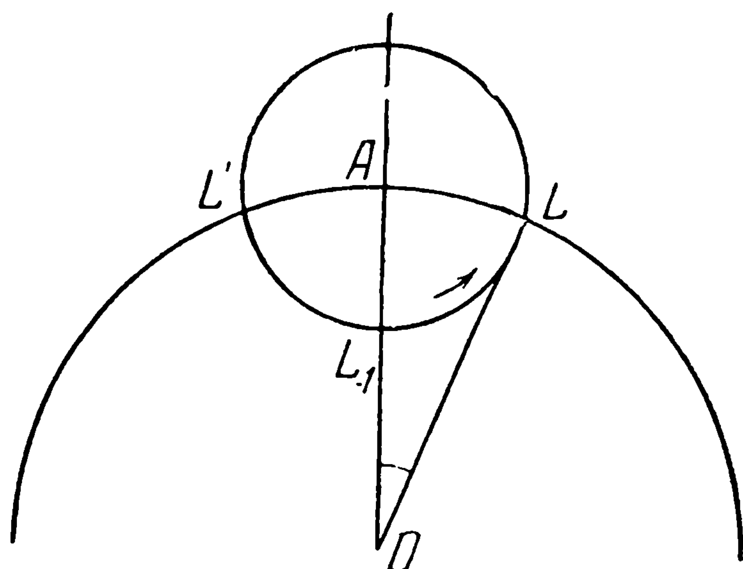


Рис. 17

Нетрудно видеть, что точек с максимальной величиной поправки будет всего четыре; кроме точки L — симметричная с ней относительно прямой OA точка L' и еще две аналогичные точки, соответствующие полнолунию.

29 Действительно, в точках равноденствий и солнцестояний долгота Солнца равна его прямому восхождению; наибольшее различие между долготой и прямым восхождением бывает в промежуточных положениях Солнца, приблизительно посередине между этими главными точками. То же самое имеет место и для различия между эклиптической долготой и долготой Луны на орбите: в узлах и в точках наибольшей широты Луны эти две долготы равны между собой, а в промежутках достигают наибольшей разности, но, конечно, меньшей, чем для случая с Солнцем, так как наклон лунной орбиты к эклиптике (5°8') значительно меньше наклона эклиптики к экватору.

30 Здесь имеется в виду восходящий (☊ — голова дракона) и нисходящий (☋ — хвост дракона) узлы лунной орбиты. Слово «дракон» здесь не имеет отношения к одноименному созвездию, а связано с древним суеверием, что в узлах лунной орбиты живет дракон, проглатывающий Солнце во время затмений, которые могут происходить лишь тогда, когда Солнце находится близ одного из узлов.

31 В третьем столбце представлены простаферезы, изменяющие величину аномалии вследствие движения Луны по второму эпициклу; аргументом для них служит удвоенная величина среднего перемещения Луны за данное время; они прибавляются к аномалии при значениях аргумента, лежащих между 0 и 180°, и вычитаются при значениях между 180 и 360°, достигая наибольшей величины для значения аргумента $2 \cdot 38°46' = 77°32'$.

Пятый столбец дает уравнение центра, шестой и четвертый — второе неравенство (эвекция).

Вычисление пропорциональных частей производится следующим образом. При наибольшем и наименьшем расстояниях Луны от центра эпицикла, равных 1334 и 960 частям (гл. VIII), значения угла gdc будут 7°40' и 4°56'; разность между ними, равную 2°44', Коперник принимает за 60. Величина gc зависит только от угла ceg — удвоенной аномалии; Коперник вычисляет расстояние gc (в рассматриваемом им примере 123), что определяет длину радиуса lp окружности, по которой Луна в данном положении вращается вокруг центра первого эпицикла. Соответствующее этому радиусу наибольшее отклонение φ получается по формуле

$$\sin\varphi = \frac{gc}{cd} = 0{,}1123 = \sin 6°29'$$

(точнее 6°27'). Коперник берет разность $6°29' - 4°56' = 1°33'$ и составляет дробь

$1°33'/2°44' = {}^{34}/_{60}$. Таким образом определяются пропорциональные минуты для данного значения угла *gec*, равного 90°10′.

Разобранный в гл. X пример вычисляется по таблицам так. Удваиваем среднее движение Луны 45°5′ и для значения 90°10′ находим во втором столбце простаферез эпицикла *b* — угол *gce* (12°11′), а также пропорциональные минуты — $^{34}/_{60}$. В соответствии с этим исправляем аномалию: 333°+ 12°11′= 345°11′. Для этого значения в четвертом столбце ищем уравнение центра — 1°10′. Избыток в пятом столбце будет 0°34′; взяв отсюда $^{34}/_{60}$, получаем немного больше 19′. После этого окончательная величина уравнения центра будет 1°10′+ 19′= 1°29′, как и стоит в гл. X.

У Птолемея несколько сходная таблица дана в гл. VIII пятой книги.

32 В рукописи и в изданиях книги Коперника здесь очевидная описка: простаферез для 48° должен быть 10°38′ вместо 10°30′.

33 Это затмение было 30 апреля 174 г. до н. э. Оно рассматривается в гл. V шестой книги Птолемея; вопрос о движении Луны по широте излагается в гл. VIII четвертой книги.

34 Величина лунных затмений оценивалась в дюймах, представляющих двенадцатые части лунного диаметра. Семь дюймов северной части означает, что земная тень закрыла $^7/_{12}$ долей лунного диаметра с северной стороны диска Луны.

35 Это затмение было 2 июня 1509 г.

36 Наклон лунной орбиты к эклиптике равен 5°8′, поэтому вблизи узла продвижению Луны по долготе в 1° соответствует изменение широты на 1° sin 5°8′= 5,4′. Отсюда изменение широты на $2^1/_2{}'$ соответствует изменению долготы, или расстояния от узла, круглым счетом на $^1/_2°$.

37 Это затмение рассмотрено в гл. V этой книги (второе из серии птолемеевых затмений).

38 Это затмение произошло 6 ноября 1500 г.

39 Расстояния до верхней апсиды были приблизительно одинаковыми, так как величины аномалии были в одном случае 64°38′, а в другом 294°44′= 360°— 65°16′.

40 Изложение движения по широте у Коперника дано очень суммарно. Так как в настоящее время соответствующая теория давно уже забыта, то не будет лишним изложить ее более подробно.

Подобно тому как для среднего движения по долготе основой служил синодический месяц, а для первого неравенства — аномалистический месяц, для движений по широте основой является драконический месяц — время, необходимое для того, чтобы Луна из восходящего узла возвратилась в него же. Зная продолжительность драконического месяца, мы делим на нее 360° и получаем среднее движение за день аргумента, или, как говорит Коперник в заглавии к гл. XIV, аномалии широты.

Соответствующие таблицы даны Коперником в конце гл. IV этой книги; из них мы можем заключить, что продолжительность драконического месяца Коперник считал равной 27; 12,44, 0,18 = 27,2122236 дня, что лишь на 0,3 сек. отличается от нынешнего точного значения. При помощи этих таблиц мы можем определить движение широты за 1366 лет 358 дней 4,24 час.= 22,46 лет 5,58; 11,30 дней; соответствующий расчет дает величину, мало отличающуюся от имеющейся в тексте Коперника, а именно 160°3′ вместо 159°55′ текста. Начальной точкой отсчета аргумента широты Коперник, видимо, считал северный предел отклонения Луны от эклиптики; наибольшее отклонение Луны равнялось у него 5°, как видно из последнего столбца таблицы в гл. XI, в котором приводится широта Луны для помещенных в первом столбце значений аргумента широты. Физического значения аргумент широты, по-видимому, не имеет; в дальнейшем Коперник отождествляет его с градусами наклонной орбиты Луны, предполагая, что Луна описывает свою орбиту равномерно в течение одного драконического месяца.

Упоминаемые в этой главе простаферезы вычислялись по таблицам гл. XI, но только без учета эвекции; бралось лишь уравнение центра.

[41] В манускрипте, а также и в изданиях, кроме торнского «4 градусам 28 минутам».

[42] Суточный параллакс Луны пропорционален синусу зенитного расстояния, поэтому для расстояния «от полюса горизонта» (зенит) в $2^1/_8°$ параллакс равен лишь 0,037 горизонтального параллакса, или около 2′ дуги.

[43] Описание параллактического инструмента приводится в гл. XII пятой книги «Альмагеста». Инструмент состоит из вертикальной стойки AC, рядом с которой подвешен отвес (рис. 18). К стойке на шарнирах прикреплены линейки AB и CB, причем длины AC и BC должны быть равны, образуя стороны равнобедренного треугольника. Линейка BC снабжена диоптрами; ее конец может скользить вдоль линейки AB, на которой нанесены деления, выраженные в тысячных долях длины AC. Новым в описании Коперника является лишь более длинная линейка AB, содержащая $1414 = 1000\sqrt{2}$ частей. Когда конец B линейки BC совпадает с последним из этих делений, линейка BC становится горизонтальной.

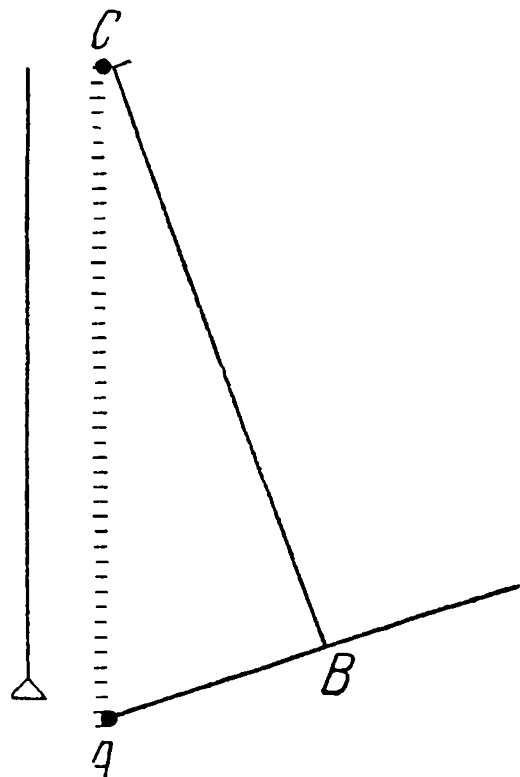


Рис. 18

[44] 27 сентября 1522 г.

[45] Во Фромборке.

[46] Параллакс Луны при зенитном расстоянии 82°, найденный Коперником равным 50′, соответствует горизонтальному параллаксу в 50,5′, что гораздо ближе к действительному, который может меняться от 53,9′ до 61,5′, чем значение Птолемея. В конце этой главы Коперник находит для параллакса при том же зенитном расстоянии значение 1°5′, что дает для горизонтального параллакса 66′ — опять довольно близко к действительному.

[47] 7 августа 1524 г.

[48] По таблицам Коперника $\sin 65' = 0{,}1891$. В торнском издании 1894.

[49] Частное от деления 99 027 на 1891 будет $52^{22}/_{60}$.

[50] Расчеты относятся к последнему примеру, рассмотренному в конце предыдущей главы.

[51] Для аномалии 239°43′ уравнение центра по таблицам Коперника будет 4°27′, а избыток 2°35′ и пропорциональные части для 194°10′ составляют $^{59}/_{60}$, что дает $2°35' \cdot {}^{59}/_{60} = 2°33'$. Таким образом, $4°27' + 2°33' = 7°$. Если de принять за 100 000, то

$$ek = \frac{86\,534 \cdot 100\,000}{91\,856} = 94\,205.$$

[52] См. гл. VIII этой книги.

[53] Конец главы представляет загадку. По-видимому, во втором наблюдении Коперник взял слишком большой параллакс. Если исходить из соотношения $ek = 56;42$ радиуса Земли, то параллакс Луны во втором наблюдении должен был приблизительно равняться 1°.

[54] Соответствующие сведения содержатся в гл. XIV пятой книги Птолемея, но рассмотренные Коперником примеры не являются птолемеевскими.

[55] См. «Альмагест», кн. V, 15.

[56] «... Аратского философа...» — Аль-Баттани.

[57] Точное значение углового диаметра Солнца в апогее равно 31′30″, что очень близко к значению, принятому Коперником, тем более, что в то время все наблюдения

проводились без помощи телескопа. Диаметр Луны «в верхней апсиде», т. е. в апогее, равен 29′22″, что тоже очень близко к принятому Коперником. Диаметр земной тени в том месте, где в нее может погружаться Луна во время затмений, равен 2,57—2,74 диаметра Луны или, в угловой мере, 75—91′, с чем хорошо согласуются данные Коперником 80,6′.

Что касается расстояния Солнца, то полученное Коперником значение 1179 земных радиусов в 20 раз меньше действительного. Конечно, в то время не было никаких возможностей правильно определить параллакс Солнца. Единственный метод, предложенный Аристархом,— определение расстояния из прямоугольного треугольника с вершинами Земля — Луна — Солнце в момент дихотомии, когда диск Луны освещен ровно наполовину, не мог дать уверенного результата из-за трудности определения этого момента.

58 В действительности диаметр Солнца в 109 раз больше диаметра Земли. Ошибка возникает из за неверного определения расстояния Солнца от Земли. Однако диаметр Луны по Копернику равен $1/_{3,5}$ = 0,2857, что весьма близко к точному значению 0,2725.

59 Это доказательство имеется в гл. XVIII третьей книги, где эксцентриситет орбиты Солнца определен равным 0,0323. Если радиус эксцентра принять за 10 000, то наибольшее удаление в верхней апсиде будет 10 323, а наименьшее 10 000 — 323 = 9677 (вместо 9678 текста).

60 Коперник хочет сказать, что

$$1/_{1179} = \operatorname{tg} 2'55'' = 0{,}000848.$$

За 1 000 000 он берет радиус круга.

61 Это горизонтальный параллакс современных астрономов.

62 $6^6/_5 = 13^1/_5$. У Коперника, по-видимому, описка.

63 Отношение $^{403}/_{150}$ = 2,69 лежит в пределах действительных размеров земной тени, диаметр которой согласно примечанию 37 составляет от 2,57 до 2,74 диаметра Луны.

64 Рассматриваемая глава соответствует гл. XVII пятой книги «Альмагеста», где тоже в качестве примеров берутся углы 30 и 60°, но, конечно, методика расчета у Коперника, как и результаты, совершенно иные.

65 Для более ясного понимания всего нижеследующего приводим из гл. XVII выраженные в радиусах Земли значения радиусов лунной орбиты и эпициклов.

Радиус лунной орбиты	60; 18
Радиус 1-го эпицикла	6; 36,30
Радиус 2-го эпицикла	1; 25,30

Первая граница соответствует максимальному расстоянию в апогее (сумма всех радиусов), т. е. 68; 20, вторая — минимальному в том же апогее (к радиусу лунной орбиты прибавляется разность *ce* радиусов обоих эпициклов), равная 5; 11; это дает нам расстояние *dce* = 65;29 (Коперник округляет до 65; 30).

66 Если *dce* = 65;30, то *ef* = 2;51; если же *dce* мы принимаем равным 60, то *ef* = 2;37. Для *el* не получится величины (46), данной в тексте (*el* = 50; 24), но она и не потребуется, так как $55^1/_2$: 2;51 = 0;18.

67 Это пропорциональные минуты, величины которых приведены в третьем столбце таблицы гл. XI.

68 В манускрипте 2,27′. Берем величину 2;26 торнского издания, так как 65;30—63;4 = 2;26 и, кроме того, 10;22·14 = 145,14 и 2;26·60 = 146.

69 В первом столбце таблицы представлены удвоенные величины зенитного расстояния Солнца или Луны; в первом и втором вместе даются также удвоенные расстояния Луны от Солнца и значения лунной аномалии, необходимые для учета движе-

ния по второму эпициклу. Четвертый — седьмой столбцы служат для вычисления параллакса Луны в четырех граничных точках, соответствующих следующим расстояниям Луны от Земли: 1) 68;20 — наибольшее расстояние в апогее; 2) 65;29 — наименьшее расстояние в апогее; 3) 55;7 — наибольшее расстояние в перигее; 4) 52;16 — наименьшее расстояние в перигее. Пятый и шестой столбцы характеризуют величины лунных параллаксов для второй и третьей границы в предположении, что расстояние Луны от Солнца равно нулю или 180°; четвертый столбец указывает величину, которую надо вычесть из соответствующего числа пятого столбца, чтобы получить значение параллакса для первой границы; аналогично седьмой столбец содержит величины, которые надо прибавить к числам шестого столбца для получения параллаксов в четвертом граничном положении. Восьмой и девятый столбцы содержат пропорциональные минуты, при помощи которых учитываются параллаксы и промежуточных положениях, когда расстояние Луны от Солнца отличается от 0 и 180°.

70 В манускрипте 42 минуты 31 секунда.

71 В манускрипте и всех изданиях, кроме варшавского, 8;31. Очевидно, нужно 8;32 минут.

72 Эта дата соответствует 9 марта 1497 г.

73 Альдебаран.

74 В торнском издании 83 градуса.

75 Таблица представляет продолжительность одного синодического месяца, двух и т. д., а также половины и соответствующие изменения лунной и солнечной аномалий и аргумента широты Луны.

76 Величина фазы солнечных затмений прежде выражалась в дюймах, указывавших, сколько двенадцатых долей диаметра Солнца закрыто Луной.

77 Унция (uncia) — у римлян двенадцатая часть монеты (асса), а затем и двенадцатая часть вообще.

78 Птолемеевское значение числа $\pi = 3;8,30$, или в десятичных дробях 3,14167.

Книга пятая

1 Пятая книга охватывает материал, изложенный в четырех книгах (девятой — двенадцатой) «Альмагеста», причем Коперник далеко не всегда сохраняет даже порядок Птолемея, не говоря уже о содержании; так, у последнего изложение движений планет начинается с Меркурия и кончается Сатурном, у Коперника же, наоборот,— с Сатурна. Правда, нужно сказать, что помещенные у Птолемея в самом начале таблицы для вычисления планетных движений тоже начинаются с Сатурна. Основное отличие между книгами Птолемея и Коперника заключается в том, что Коперник стояния и попятные движения планет объясняет как следствие движения Земли вокруг Солнца. Однако в тексте Птолемея имеются места, вдумчивое чтение которых могло подтолкнуть Коперника к созданию гелиоцентрической системы; некоторые исследователи (Скьяпарелли, П. Таннери) даже видели в них остатки греческой гелиоцентрической теории типа учения Аристарха Самосского, предшествовавшего геоцентрической астрономии Гиппарха — Птолемея.

В настоящее время мы складываем видимое движение планеты из двух — движения планеты вокруг Солнца по эллиптической орбите, мало отличающейся от окружности (в первом приближении ее можно считать неподвижной по отношению к звездам), и кажущегося (параллактического, как говорит Коперник), являющегося следствием обращения Земли вокруг Солнца; в последнем движении планеты кажутся описывающими петли около среднего положения, перемещающегося все время против часовой стрелки — прямым движением, как говорим мы, или в направлении последовательности знаков зодиака, как у Коперника.

В своей теории планетных движений Птолемей тоже различает два неравенства — первое, которое он называет зодиакальным, связано с различными частями зодиака, т. е. примерно с орбитой планеты, и второе, зависящее от положения планеты относительно Солнца («...для каждого светила имеются два вида неравенств: одно, усматриваемое по отношению к частям зодиака, и другое, связанное с положением относительно Солнца». «Альмагест», кн. IX, 5)». Первое неравенство он объясняет при помощи эксцентрического круга, а второе — при помощи эпицикла, вращающегося вокруг точки, перемещающейся по эксцентру. В гл. III «Альмагеста» Птолемей указывает на любопытные соотношения между периодами обращения планеты по эксцентру и эпициклу и солнечным годом: для верхних планет число оборотов планеты относительно зодиака, сложенное с числом оборотов по эпициклу, дает в сумме число соответствующих тропических лет. Так, для Сатурна за 59 лет происходит 57 оборотов по эпициклу и 2 оборота относительно зодиака; для Юпитера соответствующие числа будут 71, 65 и 6; для Марса — 79, 37 и 42. Для нижних планет соотношение несколько иное: число оборотов планеты относительно зодиака равно числу соответствующих солнечных лет: таким образом, для Меркурия и Венеры среднее движение по долготе в точности равно среднему движению Солнца, что Птолемей и отмечает.

[2] В рукописи этой фразой заканчивалось введение, после чего шло заглавие гл. I и ее начало:

«А так как они различным образом движутся по долготе и широте и разности их движений являются неодинаковыми и направленными в обе стороны, увеличивающими движение и уменьшающими, то было бы очень важно установить их средние и равн мерные движения, при помощи которых можно было бы определить разности, получающиеся вследствие неравномерности. Для исследования же равномерности нужно знать времена обращений, при помощи которых устанавливается восстановление неравенства, подобного первому, как мы это сделали относительно Солнца и Луны».

Позднее этот абзац был зачеркнут и добавлен конец введения, посвященный названиям планет.

[3] Коперник приводит названия планет, употреблявшиеся у древних пифагорейцев приблизительно до эпохи Платона, когда они были заменены современными названиями, представляющими перевод (сначала на греческий, а потом на латинский) имен божеств вавилонского пантеона, близких по характеру к соответствующим греческим: Меркурий — Набу, бог города Борсиппы, предместья Вавилона; Венера — Иштар, богиня Эреха; Марс — Нергал, бог Куты-Сиппара; Юпитер — Мардук, бог Вавилона; Сатурн — Нинурта, бог осеннего Солнца, дикий охотник (библейский Немврод), городской бог Ниппура, центра сумерийской культуры. Эти названия (за исключением Иштар) возникли у вавилонян сравнительно поздно, примерно в VII в. до н. э. (в донесениях придворных астрологов ассирийским царям VIII в. употребляются другие «небожественные» названия). Интересно отметить, что все указанные города являлись центрами вавилонских астрономических школ. В Грецию эти названия планет проникли примерно в середине IV в. до н. э.: Аристотель пифагорейских названий уже не употребляет.

Φωσφόρος — Lucifer (несущий свет) — утренняя звезда. Ἕσπερος — Vesperugo — вечерняя звезда; греки первоначально не знали, что это явления одной и той же планеты Венеры.

[4] Коперник сопоставляет это движение, происходящее от перемещения Земли по орбите, с параллактическими смещениями Луны, происходящими оттого, что наблюдатель помещается на различных местах поверхности Земли. И те и другие смещения исчезают, если наблюдения будут производиться из Солнца, или соответственно из центра Земли.

[5] Акронихические — видимые всю ночь от начала до конца.

[6] Заключенный в скобках текст был написан на полях манускрипта; первоначальный текст был:

«...и движения их обоих связаны, как бы складываясь с простым движением Земли (или, если хочешь, Солнца), как следует помнить во всем этом сочинении, а главным образом в данном месте, относя всегда к Земле то, что обычно говорится о движении Солнца...»

[7] Параллактическое обращение Коперника теперь называется синодическим периодом планеты.

[8] Изумительная точность этих данных видна из сопоставления среднего сидерического движения планет за один год (египетский, 365 дней) у Коперника с современными данными

	Коперник	Современное значение
Марс	688 579,9″	688 579,2″
Юпитер . . .	109 180,9	109 181,9
Сатурн	43 966,2	43 966,1

[9] Установленный Птолемеем закон, связывающий периоды обращений верхних планет, Коперник дает в более общем виде, пригодном и для нижних планет:

Среднее параллактическое перемещение планеты (у Птолемея — эквивалентное обращение по эпициклу) представляет разность между средним перемещением Солнца и средним собственным движением планеты. У верхних планет собственное движение меньше движения Солнца, у нижних, наоборот, больше, так что среднее параллактическое движение будет равно разности после вычитания движения Солнца из среднего движения планеты. Знание этого позволяет Копернику уменьшить вдвое таблицы средних движений; в то время как Птолемей приводит и собственные и аномалистические (по эпициклу) движения планеты, Коперник может ограничиться табулированием лишь параллактических движений.

[10] Соответствующее построение имеется в гл. VI девятой книги Птолемея. Круг *abc* в западноевропейской средневековой астрономии носил название экванта. Коперник не употребляет этого названия, поскольку он был ярым противником гипотезы эквантов.

[11] Стоящие в квадратных скобках слова были добавлены во второй редакции манускрипта Коперника и в печатные издания не вошли. Коперник имеет в виду известное философское произведение Цицерона Somnium Scipionis, в котором Сципион Африканский во сне знакомится со структурой Вселенной. Произведение это первоначально было известно в Западной Европе только по подробному комментарию Макробия, писателя начала V в. н. э.

[12] Оставляя текст в том виде, в каком он дан в торнском издании и манускрипте, мы должны отметить его ошибочность. Механическая сущность явления заключается в следующем. Если скорости точек e и a относятся как расстояния ce и ca, то линия cea вращается, как твердое тело, и точка e при наблюдении из a покажется совпавшей с c. Если $v_a : v_e > ca : ce$, то видимое положение планеты e будет обгонять видимое положение Солнца c, и наоборот. Вместо скорости Земли v_a мы можем подставить равную ей и противоположную скорость видимого движения Солнца c; тогда в исправленном виде соответствующий текст должен читаться так: «там, где вычитающееся движение светила... будет больше прибавляющего движения точки c, то в соответствии с побеждающим движением светило будет казаться отступающим от точки c, что действительно и происходит у этих светил; у них отношение линии ce к ac будет бо́льшим, чем отношение движения планеты движению точки a».

[13] Аполлоний Пергский (около 200 лет до н. э.) — знаменитый греческий математик, автор «Конических сечений» в восьми книгах и ряда других произведений, составлявших своего рода курс высшей геометрии эллинистической математики. В области астрономии Аполлоний считается автором теории эпициклов.

[14] Движение несущего эпицикл радиуса *ca* можно рассматривать как переносное движение, а вращение эпицикла относительно *ca* как относительное. Так как угловые скорости обоих составляющих движений равны, то в абсолютном движении угловая скорость эпицикла будет вдвое больше угловой скорости *ca*; следовательно, когда *ca* повернется на 90°, диаметр *ef* эпицикла повернется на 180°.

[15] В так называемом «параллелограмме Аполлония» эксцентр *ac*, имеющий центр в *c* и вращающийся вокруг точки *d*, может быть заменен кругом такого же радиуса *db*, вращающимся вокруг своего центра *d* и имеющим на конце радиуса эпицикл с центром в *b* и радиусом $ba = cd$, угловая скорость вращения которого ω_0, должна быть равна угловой скорости стержня *cd* (рис. 19). Движение точки *a* может быть получено совершенно одинаково как при помощи звеньев *dc* и *ca* (эксцентр, по которому движется точка *a*), так и при помощи звеньев *db* и *ba* (гомоцентр с эпициклом). Остается только добавить второй эпицикл с центром *a*; в первом случае он будет двигаться по эксцентру, во втором — по первому эпициклу.

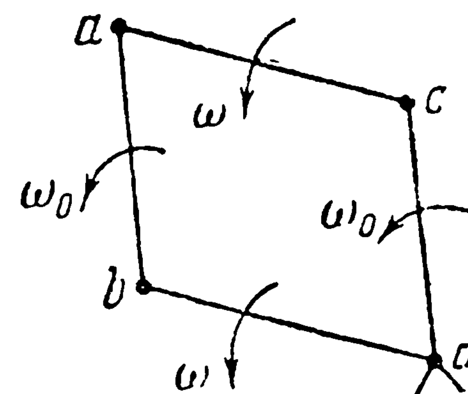


Рис. 19

В рассматриваемом Коперником случае $\omega_0 = 0, \omega$ представляет угловую скорость вращения точки *a* по эксцентру вокруг *c*, эпицикл *ba*, оставаясь параллельным *cd*, должен будет относительно *db* вращаться по часовой стрелке, т. е. против последовательности знаков зодиака; второй эпицикл, вращаясь вокруг первого с той же угловой скоростью, но в противоположном направлении, т. е. в направлении последовательности знаков, будет в абсолютном движении вращаться в таком же направлении с удвоенной угловой скоростью 2ω вращения эксцентра *ac* или стержня *db*. Между прочим, именно такую систему гомоцентра с двумя эпициклами Коперник применил для получения движений верхних планет в своем Commentariolus — первом наброске гелиоцентрической системы.

[16] Смысл этого таков: центр первого эпицикла (точка *b* на рис. 19) перемещается по направлению последовательности знаков, центр второго эпицикла (точка *a*) перемещается на такой же угол в противоположном направлении, а планета на этом эпицикле поворачивается по направлению последовательности знаков на удвоенный угол.

[17] Соответствующие наблюдения приведены в гл. V одиннадцатой книги «Альмагеста», причем формулировка несколько отличается от Коперниковой: вместо мехира поставлен пахон. Так как пахон является девятым месяцем, эпифи — одиннадцатым, а мехир — шестым, то сделанный в тексте расчет протекшего времени у Коперника показывает, что мехир поставлен ошибочно вместо пахон. Время первого наблюдения у Птолемея указано не ясно: Παχών $\bar{\text{ʒ}}$ εἰς τὴν ῆ ἑσπέρας; Коперник дает две даты — первый час ночи и 17 (в Александрии 18) часов по полуночи; приведенный в тексте расчет времени между первым и вторым наблюдениями показывает, что если взять птолемеевскую цифру 4 часа пополудни 18 эпифи, то правильной будет величина 17 часов; в таком случае у Коперника для времени второго наблюдения должно стоять не 11, а 15 часов пополуночи. Время третьего наблюдения у Коперника и у Птолемея одинаково и подтверждается расчетом.

[18] Текст в квадратных скобках зачеркнут в манускрипте.

[19] Для понимания текста Коперника надлежит иметь в виду следующее. Коперник

вводит в рассмотрение параллактическое смещение планеты, происходящее от обращения Земли вокруг Солнца. Если планета, Земля и Солнце находятся на одной прямой, то угол параллактического смещения планеты от линии Земля—Солнце равняется 0 или 180°. Если отсчитывать этот угол от апогея по образцу древних математиков, то в рассматриваемом случае противостояния планеты этот угол будет 180°. Так как параллактическое движение планеты лишь повторяет в известном смысле движение Земли, то можно, как это и делает Коперник, отсчитывать его по орбите Земли (*rst* на рассматриваемом рисунке). Угол *scr*, представляющий разность между видимым (истинным) и средним положениями планеты, будет одновременно углом и между истинным *er* и средним *es* параллактическими смещениями планеты. Так как угол параллактического движения планеты отсчитывается от апогея, а в среднем параллактическом движении апогеем будет точка *t*, то дополнение *rs* до 180°, а именно дуга *rt* и даст искомый угол среднего параллактического движения Сатурна в третьем акронихическом положении.

20 5 мая 1514 г.

21 14 июля 1520 г.

22 10 октября 1527 г.

23 Чтобы определить среднее движение планеты, следует найти среднее простое движение Солнца за этот промежуток времени и вычесть из него среднее параллактическое движение планеты, приведенное в таблицах.

24 Проверка показывает, что вместо $be = 19\,953$ надо читать $be = 19\,968$.

25 Отсюда начинается второе приближение: Коперник вводит эпициклы. Поясним чертеж Коперника.

На рис. (стр. 319) уже установлены места *a*, *b*, *c* трех наблюденных противостояний; первое приближение позволило определить положение линии апсид *fg* и центров *d* и *e*. При точках *a*, *b* и *c* строим эпициклы с радиусами, равными $^1/_4$ *ed*, затем, проведя прямые *ad*, *bd*, *ce*, откладываем углы $dan = adf$, $dbo = fdb$ и $dcp = fdc$. Линии *en*, *eo* и *ep*, будучи продолжены до окружности эксцентра, дадут исправления положения противостояний, при помощи которых снова определяем эксцентриситет и положение линии апсид.

При введении эпицикла Коперник уменьшает расстояние между центрами, отделяя четверть для радиуса эпицикла, так что в дальнейшем радиус эпицикла будет составлять лишь треть исправленного расстояния между центрами. Определив дуги $af = 38°50'$, $fb = 36°49'$ и $fbc = 125°18'$, а также новые величины $de = 854$ и радиус эпицикла, равный 285 частям, каких в радиусе *fd* эксцентра *fd* содержится 10 000, Коперник еще раз вычисляет все три исходных положения противостояний.

26 Угол *fdc* среднего положения Сатурна равен дуге $fbc = 125°18'$ между верхней апсидой и местом третьего противостояния, а угол *dep* видимого положения согласно предыдущему вычислению равен 119°47′. Разность $125°18' - 119°47' = 5°31'$.

Для понимания дальнейшего необходимо уяснить некоторые термины Коперника, которые покажутся непонятными современному астроному. К числу этих терминов принадлежит «апогей», о котором говорится ниже, а также «средний и истинный апогеи», с которыми читатель встретится в дальнейшем и которые нельзя смешивать с общеупотребительными терминами «афелий» и «перигелий». Появление указанных терминов можно объяснить следующим образом.

Будем считать Солнце *S* центром круговых орбит Сатурна *B* и Земли *A*. Пусть $\omega_З$ и $\omega_С$ представляют угловые скорости вращения их радиусов *SA* и *SB* (рис. 20, *а*), причем $\omega_З > \omega_С$. Будем теперь рассматривать орбиту Сатурна в качестве неподвижной системы отсчета; радиус *SB* будет неподвижным (рис. 20, *б*). Пусть $SA = r$, и Земля *A* совершает круговое движение со скоростью $V = \omega_З r$.

Станем теперь на точку зрения Птолемея и посмотрим, как представится движе-

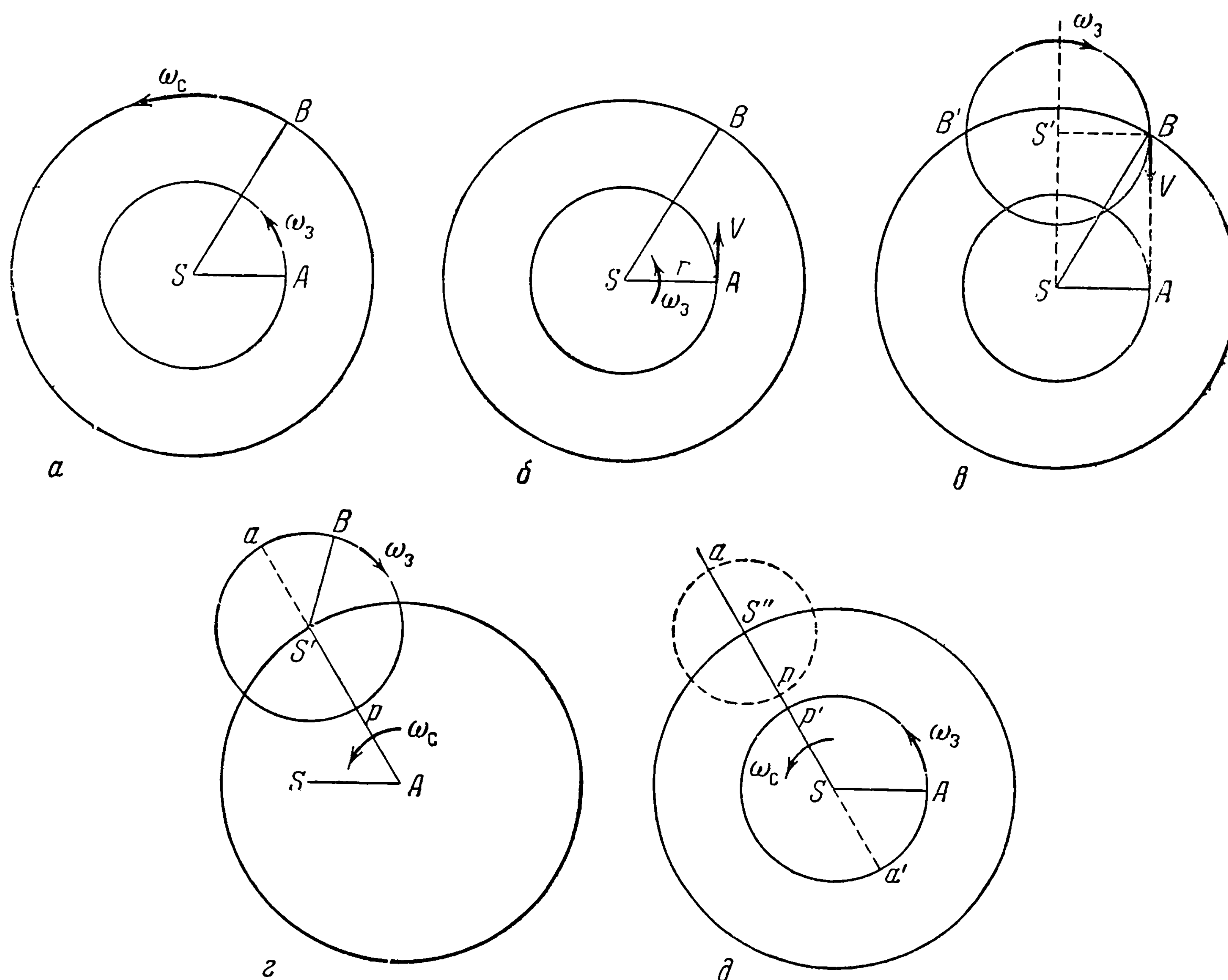


Рис. 20

ние Сатурна с неподвижной Земли; для этого, согласно принципу относительности Коперника, мы должны сообщить Сатурну и Земле два таких одинаковых движения, чтобы Земля остановилась; это будут два одинаковых круговых движения вокруг центров S и S' со скоростями V, но только уже по часовой стрелке (рис. 20,*в*). Если радиусы SA и $S'B$ равны, то Земля A будет неподвижна, а Сатурн будет описывать окружность BB'. Возвратим теперь орбите Сатурна ее угловую скорость $\omega_с$: мы получим изображенную на рис. 20,*г* схему круга с эпициклом (Земля и ее орбита будут по-прежнему оставаться неподвижными). Угол поворота радиуса AS' (равного SB предыдущих рисунков) определит нам среднее движение Сатурна, угол $aS'B$ будет его аномалией, а точки a и p представят соответствующие апогей и перигей планеты; теперь линия апсид будет уже вращаться вокруг центра A.

После этого для возвращения к начальному положению нам останется только сообщить нашей системе круговое поступательное движение, такое, какое первоначально совершала Земля. Тогда эпицикл перестанет вращаться, Земля будет двигаться вокруг Солнца S, угловая скорость радиуса AS', а следовательно, и планеты B не изменится, но центр вращения переходит в Солнце S, а линия AS' перейдет в положение SS'' и пересечет орбиту Земли в точках p' и a' (рис. 20, *д*).

В случае противостояния планета будет находиться на линии *ap*, Земля — в *p′*, Солнце — в *S*; тогда точка *a′* по терминологии Коперника будет средним апогеем планеты. Если мы добавим к орбите планеты еще эпицикл (второй по теории Птолемея), то истинный апогей получится в точке пересечения орбиты Земли с прямой, проходящей через истинное положение планеты, Земли и Солнца.

Возвращаясь к последнему рисунку главы VI (стр. 320), мы должны отметить следующее. Точки *f* и *g* (верхняя и нижняя апсиды), а также *c* лежат на эксцентре Сатурна, геометрический центр которого находится в *d*. Если мы отбросим эпицикл, то движение планеты по эксцентру будет совершаться равномерно, причем пройденное угловое перемещение (аномалия) планеты будет равно углу *fdc* = 125°18′. Точка *e* изображает Солнце; в момент третьего противостояния среднее положение планеты располагалось на линии *tcs*: точку *t* — место наибольшего расстояния Земли от планеты — Коперник называет апогеем планеты; он определяется по среднему положению Солнца. Видимое противостояние произошло на линии *pre*; угол *ret* движения Земли от апогея планеты (который не следует смешивать с верхней апсидой) представляет ее параллактическое смещение.

В заключение Коперник находит положение верхней апсиды Сатурна на 240°21′; это предполагает, что Сатурн в момент противостояния находился на 8′ от первой звезды Овна, как стоит немного выше в тексте, а не на 7, как было указано в начале главы. Однако разность в 1′ лежит в пределах точности наблюдений в эпоху Коперника, а потому существенного значения не имеет.

27 25 февраля 1514 г.

28 Угол *adb* = 240°20′ (верхняя апсида) — 199°10′ (среднее положение Сатурна) = = 41°10′. В манускрипте (а также торнском издании) ошибка — 40°10′.

29 Слова «содержится 10 667» в манускрипте пропущены.

30 Для нахождения среднего положения Сатурна нужно из *e* провести *ei* параллельно *da*. Так как истинное положение определяется прямой *ef*, то угол *ief* будет равен сумме *aef* и *aei* = *dae*.

31 В торнском издании дуга *hl* (аномалия параллактического смещения) ошибочно принята равной 116°33′. Берем числа из манускрипта, ибо *ml* = 116°31′ — 4°6′ = 112°25′. Но *lik* = 180° — *ml* = 180° — 112°25′ = 67°35′ (в тексте 67°31′).

32 При исправлении *kel* = 67°35′ расчеты для треугольника *efl* дают *el* = 1091, если *bd* принять равным 10 000, и 6; 32,45, если «согласно обычаю древних» положить *bd* = 60. Слова «что, конечно, мало отличается от данных Птолемея» относятся к определенному у Птолемея радиусу первого эпицикла Сатурна. Этот радиус у Птолемея равняется 6;30 частям.

33 См. «Альмагест», кн. XI, 1

34 В манускрипте 6°; у Птолемея «на 7 градусах 54 минутах Рыб».

35 Поверочное вычисление треугольника *cde* дает *ce* = 9314, но угол *dbe* = 12′ вместо 1°12′, которые имеются в торнском издании и в манускрипте. Эта ошибка обнаруживается из дальнейшего:

$$\angle ebl = \angle dbl + \angle ebd = 177°10' + 12' = 177°22',$$

как стоит в тексте, но не 178°22′, как следовало бы при *ebd* = 1°12′.

В треугольнике *elb* угол *leb* равен 4′.

36 Поверочное вычисление для треугольника *cde* дает *ce* = 9415 (у Коперника 9410) и угол *dce* = 2°8′. Угол *dcm* согласно построению равен *fdc*, т. е. 180° — 30°36′ = = 149°24′. Прибавляя к нему 2°8′, получаем *ecm* = 151°32′, но не 147°44′, как стоит в тексте. Поверка показывает, что указанные далее 39′ для угла *cem* получаются при значениях *ce* = 9410 и *ecm* = 151°32′, как стоит в варшавском издании (в манускрипте неверно: *ecm* = 147°44′).

37 Так как положение третьего акронихия было определено на 7°45′ сферы неподвижных звезд и на 33°23′ от нижней апсиды, то верхняя апсида будет расположена

на 180°— (33°23′— 7°45′) = 154°22′, как стоит в торнском издании. Манускрипт и другие издания дают 154°30′.

38 Среднее положение по долготе получится, если мы из видимого положения 7°45′ вычтем дугу xs = 2°47′ (расстояние от среднего перигея орбиты).

39 30 апреля 1520 г.

40 28 ноября 1526 г.

41 1 февраля 1529 г.

42 В треугольнике ced величины углов следующие: $\angle c$ = 32°5′, $\angle e$ = 38°5′ и $\angle d$ = 114°50′. Вычисление дает для сторон этого треугольника величины: ce = 18 150, cd = 10 918 и ed = 10 623, если диаметр описанного круга принят за 20 000. Коперник поменял местами значения cd и ed; последняя сторона равняется у него 10 918 вместо 10 623; дальнейшие вычисления проводятся у него с этой неверной величиной.

43 Если для ed взять правильное значение 10 623, то ae будет равняться 5269, а не 5415.

44 Правильное значение ce было бы 17 645, у Коперника — 17 727.

45 Правильное значение de было бы 10 328, по Копернику — 10 663. Дуга $bcae$ = 190° (правильно), у Коперника — 191°.

46 Дуга eb = 169° (у Коперника) или 170° (правильно); следовательно, bde = 19 908 (у Коперника) или 19 924 (правильно). Остаток bd = 19 924—10 328 = 9596 (правильно) или 19 908—10 663 = 9245 (по Копернику).

47 Действительно, $(fd + dh)^2 = fd^2 + dh.gh$. Для fd получаем 944,4 (правильно). По Копернику 1191.

48 После слов «7 частям и 9 шестидесятым» в рукописи Коперника стояли зачеркнутые слова:

> «Но так как половина < хорды be > равна 9954, а db [в торнском издании de] составляет 9243 части, то в остатке dk будет 711 частей, каких в fd содержится 1193; если же принять fd за 10 000, то dk будет равна 5954, как половина хорды, стягивающей дугу lh, равную 36 градусам 32 минутам».

В дальнейшем введены исправления. В треугольнике fdk стороны fd = 1193 и dk = 711. Следовательно, sin f = 711/1193 = sin 36°35′.

49 Из-за допущенной Коперником в вычислении ошибки трудно определить с полной достоверностью, каким образом у него получился угол в 45°2′ от верхней апсиды до первого противостояния.

50 Проверка вычислений дает следующие результаты. При ad = 10 000, de = 687 и $\angle adf$ = 45°2′ сторона ae получается равной 10 498 (у Коперника — 10 496), а угол dae = 2°32′ (у Коперника — 2°39′). Далее, 45°2′ + 2°32′ = 47°34′ — значение угла aek в манускрипте и во всех изданиях, кроме торнского, дающего 47°41′. Для угла aek получается 56′ (у Коперника — 57′). При вычислении со значениями торнского издания получается весьма мало отличающаяся величина 55 ½′, но величина угла ked равняется 45°2′ — (2°32′ + 57′) = 41°33′ (проверочное вычисление) и 45°2′ — (2°39′ + 57′) = 41°26′ (торнское издание и манускрипт).

51 Вместо «aed равнялся 41 градусу 26 минутам» надо читать: «ked равнялся 41°26′...»

52 В торнском издании (стр. 349, 20) опечатка — de вместо ce. Поверочное вычисление дает ce = 10 462,4 (у Коперника — 10 463), $\angle dec$ = 2°51′. Для угла mec получаем 59′ вместо коперниковского 1°. Если взять mec = 59′, то значение угла dem будет 45°18′; вычитая 110°28′ — 45°18′, находим lem = 65°10′ текста.

53 Дуга st измеряется суммой углов dce = 2°51′ и cem = 1°, средняя параллактическая аномалия — дугой cst. Истинное движение получается при вычитании 3°51′ из долготы видимого положения 113°44′.

54 18 февраля 1520 г.

55 См. «Альмагест», кн. X, 7.

56 Величина угла ade в манускрипте и во всех изданиях 138°; в опечатках Куртце дал правильное значение 138°26′ = 180°—41°34′.

57 Проверочные расчеты: ae = 11 167 (текст 11 172), $\angle dae$ = 5°7′, $\angle ael$ = 41°34′ + + 5°7′ = 46°41′ (в торнском издании исправленное значение указано в опечатках).

58 Так как $\angle dbe$ = 4°58′; $\angle dbm = dbf$ = 40°11′, то $\angle ebm$ = 40°11′ + 4°58′ = 45°9′ вместо 45°13′ текста.

59 Исправлена опечатка: «...каких в ce содержится 10 000...» Надо — в cd.

60 В манускрипте и во всех изданиях (кроме торнского) стоит невероятная величина $\angle ced$ = 37°39′. В треугольнике cde имеем $\angle cde$ = 44°21′, $\angle dce$ = 6°42′, поэтому $\angle ced$ = 128°57′. В торнском издании стоит 135°39′.

61 5 июня 1512 г.

62 12 декабря 1518 г.

63 22 февраля 1523 г.

64 «... дуга ac<среднего движения>...» В манускрипте и торнском издании ошибочно fc.

65 Коперник хочет сказать, что около апогея движение не только имеет меньшую скорость, но эта скорость еще и уменьшается (мы сказали бы, что движение происходит с отрицательным тангенциальным ускорением).

66 Вместо 66°18′ надо 66°24′ (= 83°— 16°36′).

67 Чтобы получить угол bde = 113°35′, надо считать, что дуга bf = 66°25′, поэтому приведенное у Коперника значение 66°18′ представляет описку. Однако правильное значение будет 66°24′ (см. примечание 66).

68 Правильно 56°37′(= 59°13′— 2°36′).

69 Долгота Марса в наблюдении 1523 г. составляла 136°16′, или, если добавить полный оборот, 496°16′. Вычитая отсюда 244°30′, получаем 251°46′.

70 В манускрипте 214°46′ вместо 238°22′.

71 У Птолемея Клешнями называется созвездие Весов. Дата наблюдения 1 января 1512 г.

72 В манускрипте неправильно 28°28′.

73 В манускрипте «на 163 градусах 32 минутах».

74 Величину диаметра надо считать равной 20 000 частей, так как ниже радиус bd дается равным 10 000.

75 Под математиком Теоном следует понимать писателя первой половины II в. н. э. Теона Смирнского, автора математического комментария к сочинениям Платона; не следует смешивать его с гораздо более известным математиком Теоном Александрийским (вторая половина VI в. н. э.), издателем Евклида и автором комментария к «Альмагесту». Как раз эту ошибку и допускает Коперник. Кроме того, Коперник сделал еще две ошибки, сильно затруднившие вычисление движений Венеры; правда, в этих ошибках был повинен не сам Коперник, но источники, которыми он пользовался, в основном написанная Региомонтаном «Эпитома Альмагеста», а также латинский перевод Птолемея в издании 1515 г.

Ошибки эти следующие. Коперник говорит о наблюдении «в четвертом году Антонина...» вместо правильного четырнадцатого года. Далее он по Региомонтану приводит «другое наблюдение Теона, относящееся к 4 году Андриана на рассвете двадцатого дня месяца атира». Правильный текст Птолемея гласит: «...в двенадцатом году Адриана в египетском месяце атире в ночь с 21-го на 22-е» (см., «Альмагест», кн. X, 1 и 2).

76 Угол 44 $^4/_5$° соответствует наибольшему отклонению Венеры от Солнца в апогее.

77 На полях манускрипта добавлена фраза, не вошедшая в окончательный текст:

«Как показали многочисленные наблюдения, это соответствует и нашим временам, только эксцентриситет, по-видимому, уменьшился».

Так как отличное от птолемеевского значение эксцентриситета было получено

только в 1532 г., то зачеркнутые слова были написаны до этого времени, когда Коперник еще не вполне доверял своим наблюдениям.

78 См. «Альмагест», кн. X,3.

79 Коперник хочет сказать, что линия, проведенная от Земли к Солнцу, находящемуся к западу или востоку от Венеры, будет перпендикулярной к линии апсид эксцентра Венеры.

80 В тексте гл. XXI было показано, что $cd = 209$; Коперник в этом месте дает более точное значение, как показывает поверочное вычисление.

81 «...центр равномерности...» (medium et aequalitas) — буквально «середина и равномерность». По-видимому, Коперник вспоминает об эквантах, когда геометрический центр окружности не совпадал с той точкой, вокруг которой совершалось равномерное вращение точки, движущейся по окружности.

82 Последняя фраза написана в манускрипте другими чернилами и иным почерком. Соответствующее наблюдение было сделано Коперником только в 1532 г. и не было использовано при составлении основной части манускрипта.

83 Гл. XXIII имела в манускрипте другое, позднее зачеркнутое начало, которое мы приводим ниже:

«Из этих наблюдений мы взяли два положения, определенных со всей тщательностью. Одно из них было сделано Птолемеем во втором году Антонина перед рассветом двадцатого дня месяца тиби[1]. Он наблюдал Венеру между Луной и первой из блестящих звезд, самой северной из тех, которые находятся во лбу Скорпиона; Венера была на одной прямой с Луной и упомянутой звездой, и ее расстояние до Луны было в полтора раза больше расстояния до неподвижной звезды. И так как положение этой неподвижной звезды известно, а именно она находится на 209 с половиной и шестой частью градуса долготы и на одном градусе с третью северной широты, то для нахождения положения Венеры нужно было знать также и видимое положение Луны.

От рождества Христова до часа этого наблюдения прошло 138 египетских лет 18 дней $4^3/_4$ часа пополуночи в Александрии, а в Кракове $3^3/_4$ часа по обычному счету, а точнее 3 часа 41 минута, или 9 первых и 32 вторых шестидесятых дня.

Так как Солнце в среднем простом движении находилось на $255^1/_2$ градуса, а в видимом — на 23 градусах Стрельца, то среднее расстояние Луны от Солнца было 319 градусов 18 минут, ее средняя аномалия — 87 градусов 37 минут, средняя аномалия широты — 12 градусов 19 минут от северного предела; при помощи этого было вычислено истинное положение Луны на 209 градусах 4 минутах с северной широтой 4 градуса 58 минут. Прибавив предварение равноденствий, которое тогда равнялось 6 градусам 41 минуте, мы устанавливаем положение Луны на 5 градусах 45 минутах Скорпиона. И так как при помощи инструментов в Александрии в меридиане был виден второй градус Девы и восходил 25 градус Скорпиона, а вследствие этого по нашим вычислениям параллакс Луны составлял по долготе 51 минуту, по широте же 16, то на основании этого видимое и уточненное положение Луны в Александрии было на 209 градусах 55 минутах с северной широтой 4 градуса 42 минуты. При помощи этого было установлено положение Венеры на 209 градусах 46 минутах по долготе с северной широтой 2;40 градусов.

Итак, пусть ab будет земная орбита с центром c и диаметром acb, проходящим через обе апсиды; пусть a будет точка, из которой наблюдается орбита Венеры с апогеем на 48 с третью градуса, а b — противоположная ей на 228 с третью градуса; на диаметре возьмем расстояние cd, равное 312 таким частям, каких в ac будет 10 000, и около центра d расстоянием df, равным третьей части cd,

[1] «Альмагест», кн. X, 4.

то есть 104 частям, опишем малый круг. Так как среднее положение Солнца было на 255 $^1/_2$ градуса, то расстояние Земли от нижней аспиды равнялось 27 градусам 10 минутам. Пусть в таком случае дуга *be* равняется 27 градусам 10 минутам; проведем соединительные прямые *ec*, *ed*, *ef* так, чтобы угол *cdf* был вдвое больше угла *bde*; затем около центра *f* опишем орбиту Венеры, вогнутую дугу которой прямая *ef* при своем продолжении пересечет в точке *l*, а диаметр *ab* — в *o*; к этой дуге проведем прямую *fk*, параллельную *ce*; пусть планета будет в точке *g*; проведем соединительные прямые *ge*, *gf*.

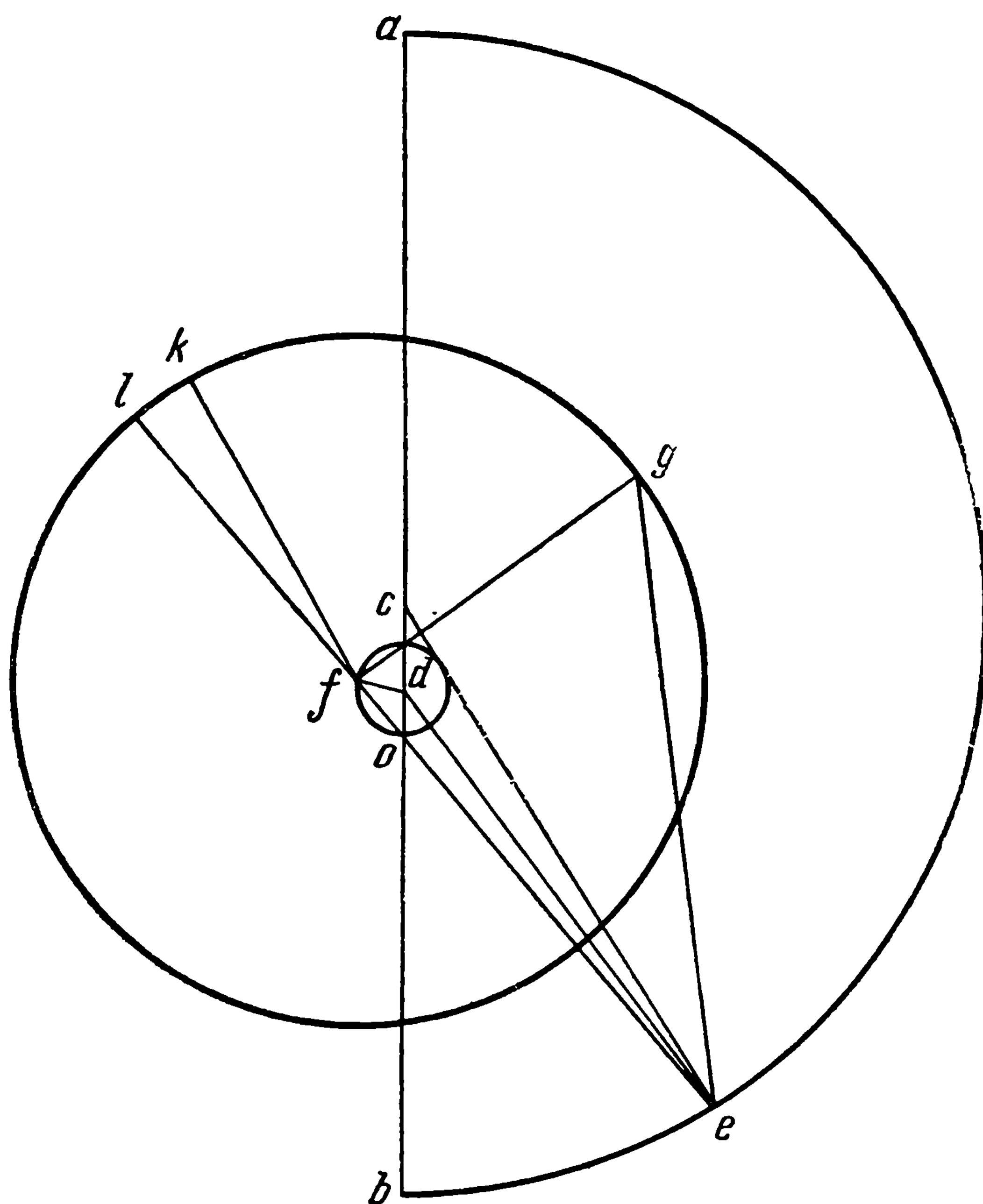


Рис. 21

После этих предварительных построений поставим задачу — определить дугу *kg*, представляющую расстояние планеты от среднего апогея *k* своей орбиты, и угол *ceo*. Так как угол *dce* в треугольнике *cde* равен 27 градусам 10 минутам, а сторона *cd* —312 частям, каких в *ce* содержится 10 000, то вследствие этого последняя сторона *de* будет равна 9724 таким же частям, а угол *ced* равен 50 минутам. Точно так же в треугольнике *def*, в котором даны две стороны: *de* — 9724 части и *df* — 104 части, каких в *ce* 10 000, и угол *edf*, заключенный между заданными сторонами (ибо угол *cdf* задан равным 54 градусам 20 минутам, а дополнение *fab* до полуокружности — 125 градусов 40 минут); следовательно, весь угол *fde* равен 152 градусам 50 минутам; вследствие этого будут данными последняя сторона *ef* — 9817 таких же частей, угол *def* — 16 минут и весь угол *cef* — 1 градус 6 минут, на который отличается среднее движение центра *f* от видимого, то есть разность углов *bce* и *eob*. Следовательно, будет дан угол *boe*, равный 28 градусам 16 минутам, что и представляет первое искомое.

Затем, так как угол *ceg* равен 45 градусам 44 минутам в соответствии с расстоянием планеты от среднего положения Солнца, то весь угол *feg* будет 46 градусов 50 минут; но *ef* дана и равна 9817 частям, каких в *ac* содержится 10 000 и каких, согласно изложенному, в *fg* будет 7193; следовательно, в треугольнике *efg* дается отношение сторон *ef* и *fg* и угол *feg*; тогда будет данным и угол *efg*; он равен 83 градусам 19 минутам; этим определяется внешний угол *efg*, равный 131 градусу 6 минутам, и дуга *lkg* — расстояние планеты от видимого апогея ее орбиты. Но так как угол *kfl*, равный *cef*, представляет разность между средней и истинной апсидами и (как показано) равен 1 градусу 6 минутам, то после вычитания его из 131 градуса 6 минут останутся 130 градусов; это будет дуга *kg* от планеты до середины дуги, а дополнение до полной окружно-

сти — 230 градусов — будет средней аномалией, взятой от точки k. Отсюда мы получаем, что во второй год Антонина, или в 138 году от рождества Христова, в Кракове в 13-й день до январских календ, в 3 часа 45 минут от полуночи средняя аномалия Венеры равнялась 230 градусам, что и требовалось определить».

Убедившись, что это наблюдение не может соответствовать действительным движениям светил, Коперник заменил его другим, содержащимся в гл. VII десятой книги «Альмагеста»,— наблюдением Тимохара.

84 На рис., стр. 349 текста, окружность ab представляет Великий круг Земли, c — его центр, d — центр малого эксцентра Венеры, имеющего радиус df, а f — центр орбиты kgl Венеры. Вращение всех этих орбит происходит в одном направлении против часовой стрелки, причем угловая скорость точки f вдвое больше угловой скорости вращения Земли по ее орбите. Линия acb представляет линию апсид Венеры; если $ac = 10\,000$, то $cd = {}^3/_4 \cdot 416 = 312$, а $df = {}^1/_4 \cdot 416 = 104$; параллельная ec линия kfl является линией апсид параллактической аномалии Венеры: точка e — положение Земли, а g — Венеры в момент наблюдения Тимохара. Среднее положение Солнца определялось долготой 194°23′; вычитая отсюда 48°20′— долготу апогея Венеры, получаем определяющую положение e Земли дугу ae = 146°3′. Далее, поскольку долгота Венеры в момент наблюдения равнялась 151°30′, то, составляя разность 194°23′— 151°30′= 42°53′, получаем угол ceg, измеряющий отклонение Венеры от Солнца и определяющий положение Венеры на ее орбите.

Общий ход вычислений Коперника состоит в следующем. Из треугольника cde определяем угол ced и сторону ed; это позволит из треугольника edf, имея угол fdc, равный двум углам bce, определить угол edf и сторону ef. Теперь из треугольника efg, зная fg — радиус орбиты Венеры, равный 7193 (см. конец гл. XXI), сторону ef и угол feg, определяем угол efg. Вычитая из него угол $lfg = fec$ и прибавляя полуокружность, находим дугу klg параллактической аномалии планеты.

85 Угол edf = 147°4′ (в манускрипте и торнском издании опечатка — 144°4′).

86 Проверка дает: угол def = 20′, угол cef = 1°21′, ef = 9831 (так в манускрипте; в торнском издании 9631).

87 12 марта 1529 г.

88 Подразумевается точка касания прямой, проведенной из центра Земли, с орбитой Венеры.

89 В торнском издании ошибка — 232 градуса 11 минут.

90 «Предшествовала» — находилась к западу от нее.

91 Уменьшение эксцентриситета на одну шестую (с 312 до 246) показывает, что этот расчет был произведен после 1532 г. Вообще Венера доставила Копернику много неприятностей вследствие ошибочных дат в «Эпитоме» и «Альмагесте».

92 Нужно отметить, что в манускрипте последние фразы таковы:

«Далее в треугольнике def да́ны две стороны df — 104 части и de — 10 056 таких же частей и дополняющий до полуокружности угол fdb, равный 125 градусам 40 минутам; следовательно, весь угол fde равен 152 градусам 50 минутам. Эти стороны заключают заданный угол edf, равный 77 градусам 24 минутам; будут даны также угол def — 35 минут и последняя сторо́на ef — 10 034».

Весь текст, начиная от «и дополняющий до полуокружности» и кончая словами «эти стороны» был потом зачеркнут.

93 Истинным перигеем Коперник называет точку пересечения с орбитой планеты прямой ef, соединяющей центр f орбиты с положением Земли.

94 В манускрипте первоначально конец главы (потом зачеркнутый) читался так:

«Но в предшествующем птолемеевском наблюдении она равнялась 230 градусам; следовательно, в течение промежуточного времени за вычетом полных

оборотов прошло 220 градусов 31 минута. Время же от восьми часов с четвертью перед краковским полднем двадцатого дня месяца тиби второго года Антонина до 7 $^1/_2$ часа пополудни четвертого дня до мартовских ид 1520 года христианской эры составляет 1391 египетский год 69 дней и 23 вторых шестидесятых частей дня, в течение которых точно так же насчитывается 220 градусов 31 минута, кроме целых оборотов, которых по таблице средних движений будет 808; таким образом, все обстоит правильно. В течение этого времени места апсид эксцентрического круга оставались неизменными на 48 градусах с третью и 228 градусах 20 минутах».

Последние слова показывают, что в 1529 г. Коперник еще не знал о движении линии апсид Венеры.

95 В рукописи Коперника эта глава первоначально имела такой вид (непосредственно продолжая абзац, приведенный в предыдущем примечании):

«*Об исходных точках средней аномалии Венеры*.

Отсюда легко получаются исходные точки параллактической аномалии Венеры. От рождества Христова до наблюдения Птолемея прошло 138 египетских лет 18 дней и 9 $^1/_2$ шестидесятых части дня; движение, соответствующее этому времени, будет 105 градусов 25 минут; вычитая это из 230 градусов птолемеевского наблюдения, получим для полуночи перед январскими календами первого года христианского летосчисления аномалию Венеры равной 123 градусам 35 минутам. Отсюда по отношению движения и времени получатся исходные точки и для остальных часто упоминавшихся эр, а именно для первой Олимпиады 318 градусов 9 минут, эры Александра — 79 градусов 14 минут и Цезаря — 70 градусов 49 минут».

96 Текст, начиная словами «по которому будет перемещаться планета» и кончая «прямую линию можно описать несколькими движениями», написан на полях манускрипта.

97 Слова «но только по диаметру эпицикла... относительно центра орбиты *hi*» написаны на полях манускрипта.

98 Слова «диаметр *kl* эпицикла» написаны на полях.

99 Слова «Таким образом, центр орбиты...эпицикл, или линия *fi*» написаны на полях.

100 Весь абзац от слов «Отсюда следует, что Меркурий» вплоть до начала последней фразы «И такая гипотеза» написан на полях. Последняя фраза этой вставки «Кое-что иное об этом и более подробно мы приведем ниже, говоря о движении по широте» показывает ясно, что все вставки на полях были сделаны в самый последний период работы Коперника над книгой, когда он занялся исследованием движения обеих нижних планет по широте.

101 См. «Альмагест», кн. IX, 7.

102 Вместо 63°50′ надо читать 276°46′. Коперник указал среднее положение Солнца вместо Меркурия. В торнском издании «исправлено» на 303°19′ (в Примечании).

103 См. «Альмагест», кн. IX, 8.

104 См. «Альмагест», кн. IX, 9.

105 У Птолемея указан 24-й день, но вычисления Коперника соответствуют 21-му числу. Действительно, приведенное выше наблюдение Теона 18 месори датируется 129 египетскими годами и 216 днями, а наблюдение Птолемея 24 месори — 138 египетскими годами и 219 днями. Разница в три дня возможна, только если второе наблюдение происходило 21 месори. Это показывает, что Коперник пересчитал наблюдения Птолемея.

106 Вычисляя по таблице синусов Коперника (кн. I, 12), мы получили бы $cf = 523{,}4$. Гипотенуза $fe = 10\,014$. Величина $cd = 948$ давала расстояние между центрами орбит Земли и Меркурия. Для объяснения разницы между обеими парами на-

блюдений, Коперник вводит дополнительный эксцентр *df*, диаметр которого равен 948—524 = 424. По этому кругу он и заставляет двигаться центр орбиты Меркурия, причем так, чтобы при нахождении Земли на линии *acb* центр орбиты Меркурия был бы всегда в точке *d*; таким образом период обращения по этому эксцентру будет составлять всего лишь полгода.

107 После слов «равным 212 частям» в первоначальной редакции манускрипта стояло:

«...приблизительно; по этому кругу (в направлении последовательности знаков) вращается центр орбиты в течение года (in annuo spacio) [слова in annuo в торнском издании пропущены, что делает фразу непонятной], имея соизмеримый с ним период, но противоположно тому, что у Венеры, как мы сказали. Это и требовалось доказать».

У Венеры при нахождении Земли на линии апсид расстояние между центрами орбит Земли и планеты являлось минимальным, у Меркурия же — максимальным.

108 После слова «неодинаковости» в первой редакции манускрипта стояли позднее зачеркнутые слова «планета при равенстве углов описывает неодинаковые дуги (как мы сказали)».

109 После слов «различных расстояний» в манускрипте стоят зачеркнутые слова «как у большого эпицикла Луны».

110 «...вблизи гексагональных аспектов» — перевод слов «circa hexagoni latus», вблизи стороны шестиугольника. Соответствующая глава (VIII) у Птолемея носит название «О том, что планета Меркурий в течение одного обращения становится два раза ближайшей к Земле». Так как перигей Меркурия по Птолемею находится в Овне, то речь идет о том, что наибольшие приближения к Земле (а следовательно, и наибольшие отклонения) бывают при нахождении Меркурия на расстоянии приблизительно 60° от перигея, т. е. в знаках Близнецов и Водолея.

111 После слова «Земли» в манускрипте стоят зачеркнутые строки:

«Так как наибольшая разность между приближением и удалением [accessus et recessus — технический термин средневековой астрономии для обозначения колебательного движения] планеты равна, как показано, 380 частям, каких в *ac* содержится 10 000, то возьмем некоторый малый круг».

112 После слов «116 градусов 13 минут» в манускрипте стоят зачеркнутые строки:

«Но угол *cif* равен тоже 60 градусам, как дополнение *bif* до двух прямых; в остатке получается *eif* — 56 градусов 13 минут. Поскольку же показано, что *ci* равна 734 частям, каких в *ec* имеется 10 000, и угол *cei* полагается равным 60 градусам, то поэтому в треугольнике *eci* остающаяся сторона *ei* равна 9655 таким же частям и последний угол *cei* составляет 3 градуса 47 минут; на эту величину *cie* будет меньше *ace*. Последний же задается равным 120 градусам, а остающийся *eci* будет 60 градусов; следовательно, угол *eic* равняется 116 градусам 13 минутам».

113 Вместо 4054 читай 4045; действительно, по таблицам Коперника sin 23°52′ = = 0,4046. Поверочные расчеты дают даже 4044. Равным образом *geh* = 47°44′, как видно также из дальнейшего.

114 См. «Альмагест», кн. IX, 10.

115 Положение верхней апсиды устанавливается так. В тексте Птолемея говорится, что в его время верхняя апсида была на 6° Весов, т. е. на 186°; значит, 186° — 6°40′ + 4° = 183°20′. Так как среднее положение Солнца соответствовало 228°8′ долготы, то 228°8′ — 183°20′ = 44°48′.

116 Точка *i* — центр эксцентрического круга, по которому движется центр *f* орбиты Меркурия *gk*.

117 Три следующие главы (XXX—XXXII) представляют последнюю стадию работы Коперника над вычислением движения Меркурия. Они вместе с главами XXXV и XXXVI написаны в отдельной тетради, имеющей характер вставки и написанной после 1532 г., так как в «Упсальских записях» положение линий апсид планеты Меркурий совершенно не упоминается. Можно думать, что нюрнбергские наблюдения Меркурия были доставлены Копернику епископом Дантиском около 1532 г. или вернее Ретиком. Во всяком случае первоначальный текст пятой книги De revolutionibus заканчивался гл. XXIX, за которой шли главы XXXIII и XXXIV, содержавшие расчетные таблицы движений пяти планет.

118 Бернгард Вальтер (умер в 1504 г.), ученик Региомонтана, богатый нюрнбергский патриций, построивший для своего учителя обсерваторию.

119 Палилиций — Альдебаран. Коперник не употребляет арабских названий.

120 9 января 1504 г.

121 Иоанн Шонер (1477—1547), нюрнбергский математик и астроном, преподававший с 1526 по 1547 г. математику в открытой по совету Меланхтона нюрнбергской гимназии. Учитель Ретика, который адресовал ему свое «Первое повествование». Впрочем, польский историк науки Биркенмайер считает, что все наблюдения 1504 г. принадлежат Вальтеру и отнесение двух последних к Шонеру — недоразумение.

122 «...на 27 градусах 7 минутах Козерога...». В манускрипте и других изданиях, кроме торнского, стоит «Водолея», что невозможно, так как Меркурий «предшествовал», т. е. стоял к западу от Солнца.

123 18 марта 1504 г.

124 «...в $7^1/_2$ часа пополудни»... Исправлено по Биркенмайеру «VII *S*» вместо невозможного «XII *S*».

125 211 $^1/_2$ градуса соответствуют 1 $^1/_2$ градуса Скорпиона (Коперник взял почему-то дополнение до 30°).

126 Угол ace = 360°— 298°15′=61°45′. Точка c — центр Великого круга, i — центр эксцентра Меркурия, f — центр его орбиты. Расстояние $ic = 736^1/_2$, как в гл. XXIX (ранее оно бралось равным 736), $\angle eci$ (в манускрипте iec) равен 180°—61°45′= 118°15′. Проверочные расчеты дают ie = 10 369, $\angle iec$ = 3°35′, как в тексте.

Длина if (радиус эксцентра) взята равной $211^1/_2$, как в гл. XXIX.

127 Проверочные расчеты показывают, что ef = 10 458, $\angle ief$ = 1°4′ (в тексте 1°5′). Тогда $\angle cef = \angle cei - \angle ief$ = 3°35′— 1°4′ $\simeq 2\,^1/_2$°. У Коперника невероятная длина ef = 10 371.

128 Вместо 8349 надо читать 5519. Этому числу равняется sin 33 $^1/_2$° по таблицам Коперника. Число 190 представляет радиус начерченной окружности, диаметр которой Коперник определял равным 380 — разности между наибольшим и наименьшим радиусами орбиты Меркурия. В таком случае $os = 190 \sin 33\,^1/_2° = 104{,}86 \simeq 105$.

129 Берем редакцию манускрипта —«угол e»; в торнском издании неправильно «угол efg».

130 Проверка дает для угла egf значения 47°13′ (при ef = 10 458) и 46°42′ (при коперниковском значении ef = 10 371). Таким образом, угол efg будет равняться примерно $47^1/_4$ ° и, следовательно, внешний $efi = 47^1/_4° + 15\,^3/_4° = 63°$. У Коперника он равняется 64°53′. Так определяется угол gfh = 180°—efg. Так как в e находится Земля, а в f — центр орбиты Меркурия, то апогей будет в h; отсчитываемая от h против часовой стрелки истинная параллактическая аномалия изобразится дугой hg = 360°—64°53′= 295°7′. Средняя аномалия отсчитывается вокруг центра c от линии ce, почему Коперник и прибавляет угол cef, равный 2 $^1/_2$°; она получается равной 297°37′. Согласно проверочным расчетам она равна 299°32′.

131 Коперник переходит ко второму наблюдению, поэтому прибавляет 316°1′— изменение параллактической аномалии в промежутке между обоими наблюдениями— и строит угол *ace* = 58°29′— аномалию для второго наблюдения. Для *ic* он берет старое значение *ic* = 736 (ранее *ic* = 736 $^1/_2$).

132 Угол $eif = \angle cie + \angle cif$; $\angle cie = \angle ace - \angle cei$ = 58°29′—3°28′= 55°1′. Угол *cif*=63°2′ дополняет до 180°, угол $bif = 2 \angle ace$ = 116°58′. Таким образом, $\angle eif$ = 55°1′+ 63°2′= 118°3′.

133 Среднее параллактическое движение определено выше равным 253°38′. Чтобы получить истинное, Коперник прибавляет простаферез эксцентра 2°27′, что дает 256°5′, как и стоит в манускрипте. Чтение торнского издания «146°5′» явно неправильно.

134 In epicyclio accessus et recessus — так Коперник называет кружок *mnlr*.

135 По таблицам Коперника sin 26°58′= 0,45347; чтение 455 торнского издания неправильно. Так как 190·0,453= 86,1, то величина 85, стоящая строкой ниже, тоже относится к разряду опечаток, тем более что далее мы имеем 190 + 86 = 276.

136 Складывая вычисленную параллактическую аномалию 253°38′ с простаферезом 2°37′, получаем 256°5′— истинное параллактическое движение.

137 Во втором наблюдении вычисленная средняя параллактическая аномалия равнялась 253°38′. Имеем 253°38′+ 216°= 469°38′, или 109°38′. Истинная аномалия получится, если мы к этому прибавим $\angle fec$ = 2°32′, что и даст 112°10′. Слова «и прибавим 216 градусов второй аномалии» написаны на полях манускрипта.

138 В первоначальной схеме движение Меркурия представлялось так (рис. 22).

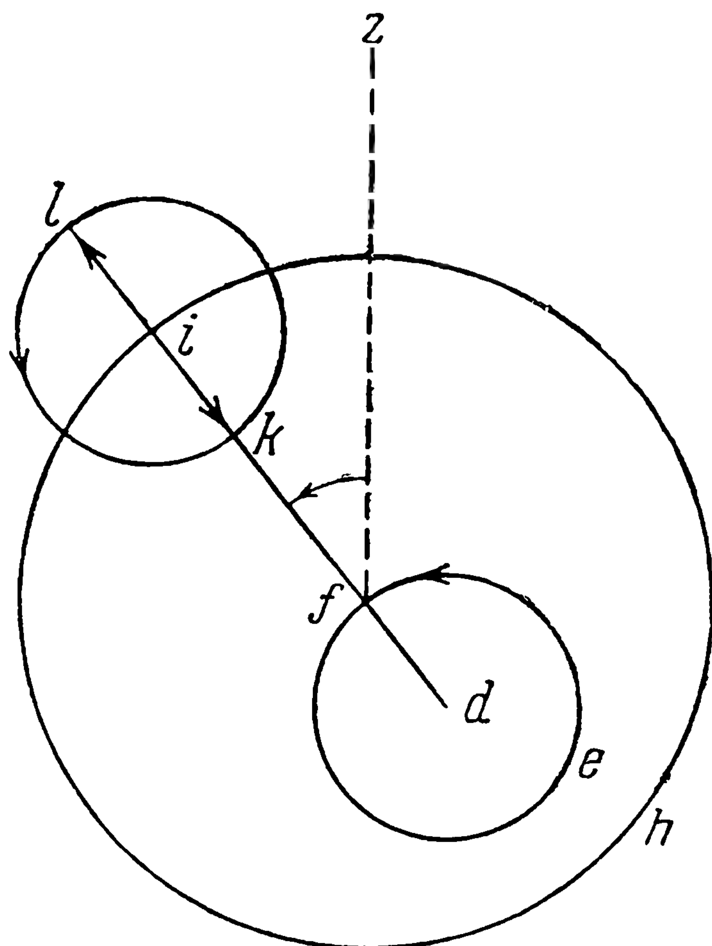


Рис. 22

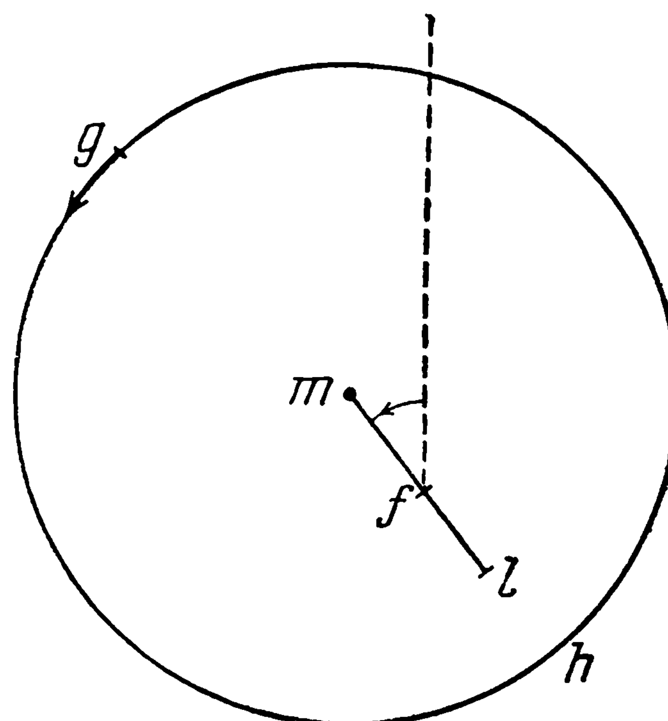


Рис. 23

Планета совершала колебательное движение с полугодичным периодом по диаметру *kl* эпицикла, равному 380 частям, если радиус орбиты Земли принят за 10 000. Центр *i* этого эпицикла двигался по окружности *ih* эксцентра, делая полный оборот за время собственного движения Меркурия вокруг Солнца, т. е. приблизительно за 88 дней; радиус *fi* этого эксцентра равнялся 3947 частям; это вращение относительно *fz* предполагается совершающимся по отношению к неподвижным звездам, т. е. прямая *fz* перемещается параллельно самой себе. Центр *f* перемещается по окружности с радиусом *fd*, равным 212 частям, и тоже совершает

два оборота в течение года. Движения происходят таким образом, что, когда точки *likfd* лежат на одной прямой, планета оказывается или в *l*, или в *k*; если она находится в *k*, то центр *f* лежит между *k* и *d* (это бывает при нахождении Земли в верхней или нижней апсиде Меркурия); если же планета будет в *l* (в средних апсидах), то, наоборот, центр *d* будет лежать между *f* и *l*.

Во второй схеме (рис. 23) движение происходит несколько иначе. Планета движется по эксцентру *gh* с центром в *m*, совершая оборот в один год; центр *m* колеблется по прямой *mfl* тоже с годичным периодом, но удвоенная амплитуда *ml* колебания будет равна сумме диаметров эпицикла и малого круга *fd* предыдущей схемы ($424 + 380 \simeq 800$), или приблизительно удвоенному диаметру окружности *fd*, как говорит Коперник; сама же эта прямая вращается вокруг центра *f* с угловой скоростью, равной разности угловых скоростей Меркурия и Земли в их обращениях вокруг Солнца; последнее движение Коперник называет ниже «движением отрезков *gh* и *kp* от апсиды эксцентра».

139 В гл. XV третьей книги Коперник показал, что наибольшие отклонения от неравномерности в движении по долготе планета получает в положениях, когда ее радиус-вектор перпендикулярен линии эксцентриситета. В рассматриваемом случае этого нет, поскольку сама линия эксцентриситета будет вращаться вместе с планетой.

140 Главы XXX—XXXII (без таблиц) были добавлены позднее, когда Коперник получил упомянутые выше результаты нюрнбергских наблюдений. Это следует из того, что на последней странице «Упсальской записи», где были приведены положения апсид планет и самая поздняя дата (для Венеры) относится к 1532 г., апсиды Меркурия отсутствуют. Это подтверждается и расположением материала в автографе манускрипта. Строки в квадратных скобках зачеркнуты.

141 В таблицах Коперника приводятся: 1) уравнение центра планет, представляющее разность между наблюдаемой с Солнца истинной и средней долготой светила; 2) параллаксы земной орбиты, позволяющие по гелиоцентрической долготе планеты получить геоцентрическую.

Интересно определить, какую точность могли давать на практике таблицы Коперника. Этим вопросом занимался А. Ф. Мебиус, автор «Die Elemente der Mechanik des Himmels auf neuem Wege ohne Hilfe höherer Rechnungsarten dargestellt». Резюме его вычислений для исторически наиболее интересной планеты Марс, данные Е. Ф. Апельтом[1], таковы. Если орбита планеты имеет значительный эксцентриситет и мы будем учитывать только первые степени эксцентриситета (что соответствует построениям Коперника), то вычисленные гелиоцентрические долготы для Марса могут отличаться от истинных на 37′, если исходить из истинного положения Солнца. Если вместо этого, как делает Коперник, исходить из центра земной орбиты, то ошибки в определении гелиоцентрической долготы Марса могут достигнуть 2°, что приблизительно в 12 раз превышает ошибку наблюдения, допускаемую во времена Коперника. Эта ошибка еще увеличивается вследствие того, что орбита Земли является тоже эллиптической; таким образом, полученные при помощи таблиц положения Марса могут отличаться от истинных на целых 3°.

Вследствие этого не приходится удивляться, что планетная теория Коперника в той самой форме, которую ей дал автор, не могла удержаться в астрономической практике и скоро была заменена кеплеровской теорией эллиптических орбит, которая и возникла вследствие неувязок в представлении движения Марса, имеющего наибольший эксцентриситет из всех планет, хорошо наблюдаемых на большей части своих орбит.

142 Главы XXXV и XXXVI по характеру значительно отличаются от остальных глав

[1] E. F. Apelt. Die Reformation der Sternkunde. Jena, 1852, стр. 152, 261.

linee.q.t.ad lineam.t.r.scz sicut proportio quadragintaduarū partiū ad trigīta septez ptes.
Sit itaqʒ hec sūma que precessit: ⁊ quā sciuimus ex istis rebus.

Tum vero remansit apud nos: vt declaremus ꝙ he due linee recte que se secant secūdū hanc proportionez cū protrahuntur in vnaquaqʒ duarū radicū erūt duo puncta.h.et.t.terminantia duo loca que nos faciunt imaginari stationez in eis. Et oportet necessario vt sit arcus.h.g.t.arcus antecessionis.et arcus alius reliquus arcus posterioritatis ⁊ tarditatis. Apollonius nāqʒ premisit ad hoc antecedens ei preparatum scḋm hunc modū ⁊ est: quia si separetur in triangulo.a.b.g. ⁊ latus.b.g.iam positum sit longius latere.a g. ⁊ linea.g.d.non minor linea.a.g.erit ꝓportio linee.g.d.ad lineā.d.b.maior proportione anguli.a.b.g.ad angulum.a.g.b. Et demonstrauit illud scḋm hūc modum. Inquit cōpleatur superficies.a.d.g.e.equidistantium laterum. ⁊ ꝓducātur due linee.a.b.et.g.e.secūdū rectitudinem. ⁊ cōcurrant super pūctuz.r. ⁊ quia linea.a.e.non est minor linea.a g.tunc circulus qui describitur supra centrū.a. ⁊ cum longitudine.a.e.aut est vt transeat per duo puncta.g.et.e.aut vt transeat vltra pūctum.g. Signetur igitur trāsiens per punctum.g.sitqʒ circulus.g.e.h.et quia triangulus.a.e.r.est maior sectore.a.e.h. ⁊ triangulus.a.e.g.est minor sectore.a.e.g.tunc proportio trianguli.a.e.r.ad trianguluz.a.e.g.est maior proportione sectoris.a.e.h.ad sectorem.a.e.g.sed ꝓportio sectoris.a.e.h.ad sectorez.a.e.g.est sicut proportio anguli.e.a.r.ad angulum.e.a.g. ⁊ proportio trianguli.a.e.r.ad triāgulum.a.e.g est sicut proportio basis.r.e.ad basim.e.g.ergo ꝓportio linee.r.e.ad lineam.e.g.est maior proportiōe anguli.r.a.e.ad angulum.e.a.g.sed proportio linee.r.e.ad lineaz.e.g.est sicut ꝓportio linee.g.d.ad lineaz.d.b. ⁊ angulus.e.a.h.est equalis angulo.a.b.g. ⁊ angulus.e.a.g.est equalis angulo.b.g.a.ergo proportio linee.g.d.ad lineam.d.b.est maior proportione anguli.a.b.g.ad angulū.a.g.b. Et manifestū est ꝙ proportio altera est maior quādo nō ponit̄ linea.g.d.scz linea.a.e.equalis linee.a.g.sed ponitur maior ea. ¶ Et postqʒ scitur illud: sit circulus.a.b.g.d.orbis reuolutionis circa centrū.e.sitqʒ eius diametrꝰ.a.e.g.et producatur scḋm rectitudinē vsqʒ ad punctum.r.et est visus: protractiōe cū qua fit proportio linee.e.g.ad lineam.g.r.maior proportione velocitatis orbis reuolutionis ad velocitatem stelle. Iam igitur possibile est si sunt due linee.r.g.et.e.g.sicut diximus: vt producatur linea.r.h.b.donec sit proportio medietatis linee.b.h.ad lineam.r.h.sicut proportio velocitatis orbis reuolutionis ad velocitatem stelle. Et si nos propter illud cuius precessit ostēsio separauerimus arcū a.d.equalem arcui.a.h. ⁊ produxerimus lineam.d.t.b. ⁊ imaginati fuerimus pūctum t.in radice in qua agitur.scḋm orbem egredientis cētri pūctum visus. ⁊ fuerit proportio medietatis linee.d.b.ad lineam.t.b.sicut ꝓportio velocitatis orbis egrediē

Часть страницы венецианского издания Птолемея 1515 г.

пятой книги и представляют еще более позднее, чем главы XXX—XXXII, добавление к основному тексту.

143 Часть текста, содержащая доказательство леммы Аполлония, показывает, что Коперник имел перед глазами греческий текст Птолемея (характерный для Птолемея термин lemmation — леммочка); иными словами, обе интересующие нас главы добавлены Коперником уже после приезда Ретика в 1539 г., привезшего базельское издание Птолемея. В латинском издании Птолемея термина lemmation нет, как можно видеть из любезно предоставленного нам проф. А. А. Михайловым снимка соответствующей страницы текста Птолемея (см. стр. 625).

144 Птолемей используется Коперником и в дальнейшем, но теперь уже мы имеем дело с творческой переработкой старых теорий в связи с принятием принципа движения Земли.

145 После слов «против последовательности знаков» в первоначальном тексте стояли зачеркнутые потом слова:

«...на угол *feg*, меньший того угла *edf*, на который переместила его в противоположную сторону его орбита, так что само светило окажется отставшим на угол *gεl*, но попятное движение еще не начнется...»

Вместо этого помещен написанный на полях конец фразы печатного издания «перемещение Земли увлечет ее назад... еще не будет казаться остановившейся».

146 Дальнейший текст главы может быть понят только после чтения первой половины гл. I двенадцатой книги «Альмагеста»; поэтому мы считаем необходимым привести перевод соответствующего места у Птолемея, начиная с фраз, аналогичных заканчивающим первый абзац гл. XXXVI De Revolutionibus.

«Пусть связанное с Солнцем неравенство определяется при помощи гипотезы эксцентра (это возможно только для трех планет, могущих удаляться на любое расстояние от Солнца) и видимое движение центра эксцентра в направлении последовательности знаков вокруг центра зодиака совершается с такой же скоростью, как и у Солнца, а планета движется по эксцентру против последовательности знаков вокруг его центра со скоростью изменения аномалии. Если мы через центр зодиака, т. е. точку нашего зрения, проведем к эксцентру прямую так, чтобы половина всей этой прямой к наименьшему из отрезков, производимых точкой нашего зрения, относилась как скорость эксцентра к скорости планеты, то последняя, попав в точку пересечения этой прямой с перигейной дугой эксцентра, будет казаться остановившейся. Приступая к этому предмету, мы изложим предлагаемое несколько лучше, воспользовавшись общим доказательством, пригодным для обеих указанных гипотез [т. е. эпицикла и эксцентра.— *И. В.*), и обнаружим их одинаковое согласие с получаемыми числовыми отношениями.

Пусть $ABCD$ будет эпицикл с центром E, AEC — его диаметр, продолженный до центра F круга, проходящего через середины знаков зодиака, т. е. до точки нашего зрения (рис. 24). Возьмем с обеих сторон перигея C две равные дуги CH и CG, через точки H и G проведем из F прямые FHB и FGD и соединим D и H, а также B и G прямыми, которые, конечно, пересекутся в точке K, лежащей на диаметре AC. Мы утверждаем, что прямая AF относится к FC, как AK к KC.

Проведем соединительные прямые AD и DC и через C параллельно AD прямую LCM, которая, конечно, будет перпендикулярна к DC, поскольку угол ADC тоже прямой. Теперь, так как угол CDH равен CDG, то и прямая CL будет равна CM, и, следовательно, AD имеет к каждой из них то же отношение. Но как AD относится к CM, так будет и AF к FC, а как AD к LC, так и AK к KC. И, значит, как AF относится к FC, так и AK к KC. Следовательно, если при гипотезе эксцентра мы будем эпицикл $ABCD$ рассматривать как эксцентр, то точка K станет центром зодиака и диаметр AC разделится ею в том же самом отношении, как и при гипотезе эпицикла, так как мы показали, что в каком отношении будет

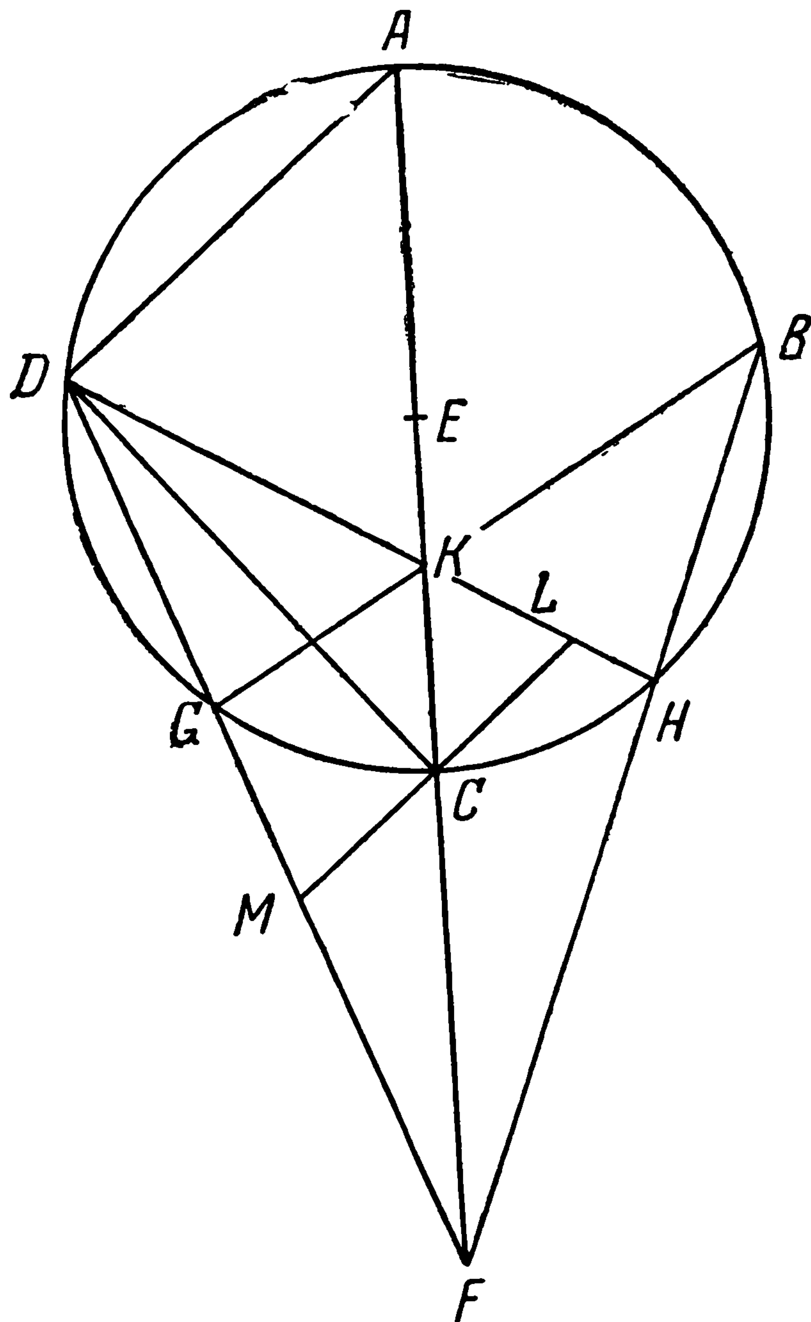


Рис. 24

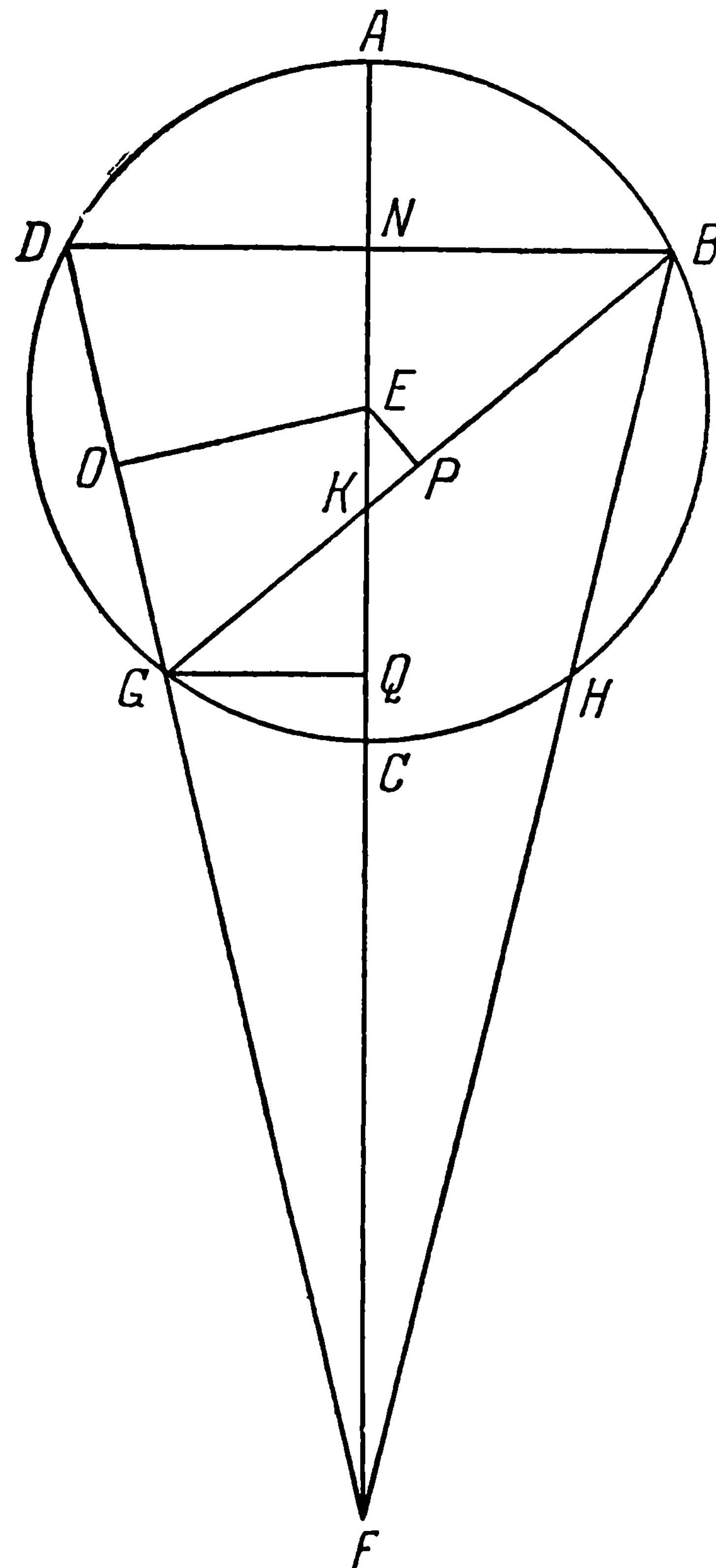


Рис. 25

на эпицикле наибольшее расстояние AF к наименьшему FC, в таком же отношении на эксцентре будет наибольшее расстояние AK к наименьшему KC.

Теперь мы утверждаем, что отношение прямой DF к FG будет равно отношению прямой BK к KG. На подобном же чертеже (рис. 25) проведем соединительную прямую BND, которая, конечно, перпендикулярна к диаметру AC, а через G проведем параллельную ей прямую GQ. Поскольку BN равна ND, то каждая из них будет иметь одно и то же отношение к QG. Но как ND относится к QG, так будет и DF к FG, и как BN к QG, так и BK к KG; следовательно, как DF относится к FG, так и BK к KG:

$$DF : FG = BK : KG.$$

И после композиции как DF и FG относятся к FG, так и BG к GK

$$(DF + FG) : FG = BG : GK.$$

Если мы проведем промежуточные перпендикуляры EO и EP, то как OF относится к FG, так будет и PG к KG:

$$OF : FG = PG : KG.$$

Затем, после «выделения», как OG к FG, так и PK к KC:

$$(OF - FG) : FG = (PG - KG) : KG.$$

Следовательно, если в соответствии с гипотезой эпицикла мы так проведем прямую DF, чтобы OG имела к FG такое же отношение, как скорость эпицикла к скорости планеты, то для гипотезы эксцентра то же самое отношение будет иметь и прямая PK к KG. Причина, по которой в этом случае мы при определении стояний пользуемся не «выделенным» отношением, то есть PK к KG, а лишь получающимся после композиции, то есть PG к KG, заключается в том, что скорость эпицикла имеет к скорости планеты такое же отношение, как скорость движения по долготе к скорости изменения аномалии, скорость же эксцентра имеет к скорости планеты отношение, как среднее движение Солнца, то есть по долготе, сложенное с аномалией планеты, имеет к этой аномалии; так, например, для Марса скорость эпицикла относится к скорости планеты приблизительно как 42 к 37. Действительно, мы показали, что приблизительно именно такое отношение и существует между скоростями движения по долготе и изменения аномалии, а вследствие этого такое же отношение будет и у OG к GF; отношение же скорости эксцентра к скорости светила равно отношению вместе взятых этих чисел, то есть 79 к 37, иными словами, как после сложения PG будет к GK, ибо при «выделении» отношение PK к KG было бы тем же, что у OG к GF, то есть у 42 к 37. Пусть все сказанное нами до сих пор послужит в качестве введения».

На стр. 386 текста изображен эпицикл, представляющий параллактическое движение Марса; поэтому не удивительно, что Земля e оказывается лежащей вне орбиты Марса. Отрезок da, равный 6580 частям, каких в радиусе земной орбиты содержится 10 000, представляет (см. гл. XIX) радиус эпицикла Марса. Наконец, загадочная на первый взгляд величина отношения скоростей 1; 8,7 представляет выраженное в шестидесятеричных дробях упомянутое выше отношение 42 : 37.

147 После слов «3; 16,14 части» в первой редакции манускрипта стоит следующий зачеркнутый потом текст:

«Доказано же, что da, то есть радиус орбиты, равен 6580 частям, каких в de будет 10 000; тогда вся ea будет равна 16 580 частям и остаток ec — 3420, а прямоугольник между ae, ec будет 56 703 600; ему равен прямоугольник на be, ef, но be имеет к ef заданное отношение, в соответствии с которым определяется прямоугольник на eb, ef или равный ему прямоугольник на ae, ec, а именно 56 703 600. Следовательно, мы получим длину ef — 4164 таких части, каких в de будет 10 000, а в df — 6580. Поэтому в треугольнике def с данными сторонами определяются и углы: fed — 27 градусов 3 минуты, fde — 17 градусов 2 минуты, а отсюда дуга аномалии до первого стояния — 162 градуса 58 минут. Если мы прибавим к этому удвоенную fc, то для второй, отложенной от a дуги, получим 197 градусов 2 минуты; при помощи же дуги fc мы будем знать, сколько времени употребила планета на переход от первого стояния к акронихическому противостоянию c; удвоив это, получим все время попятного движения.

Это для средних долгот эксцентра; согласно же вычислениям для наибольшего расстояния простаферез, соответствующий одному градусу, производит то, что рассматриваемое движение светила к движению нашего луча зрения или определенной параллактической аномалии, т. е. линия gf к линии ef, будет иметь отношение 10 000 к 8917, а вся be к ef — 28 917 к 8917. И так как доказано, что de равна 10 960 частям, каких в ad содержится 6580, то, значит, в ad

будет 6004 таких части, каких в *de* 10 000, и вся *ae* будет равна 16 004 с остатком *ce* — 3996, заключающим прямоугольник 63 963 984, отличающийся от квадрата на *ef* в соответствии с отношением *be* к *ef*; следовательно, длина *ef* составит 4441 часть, каких в *de* будет 10 000 или в *df* — 6004. Таким образом, мы опять будем иметь треугольник *def* с данными сторонами, и, следовательно, угол...»

148 Parabola (приложение) — в греческой математике определение стороны прямоугольника по данной площади и другой стороне.

149 Конец главы первой редакции рукописи следующий (текст, помещенный в изданиях, написан на полях):

«В соответствии же с вычислениями, которые производятся для наибольшего расстояния, простаферез, замедляющий средние движения, производит то, что рассматриваемое движение планеты относится к движению нашего зрения, или рассматриваемой параллактической аномалии, иными словами, линия *gf* к *ef* имеет отношение как 0; 46,20,6 к единице, а вся *be* к *ef* — как 2; 32,40 к единице; заключенный между *be*, *ef* прямоугольник будет тоже 2; 32,40. Но так как показано, что в верхней апсиде *de* равняется 10 960 таким частям, каких в *da* имеется 6580, то, следовательно, *da* будет содержать 36; 1,20 таких частей, каких в *de* будет 60, так что вся *ae* будет равна 96; 1,20, а остаток *ec* — 23; 58,40 и прямоугольник на *ae*, *ec* равен 2302; 23,58. Если мы разделим это на 2; 32,40, то получим 904; 51,12, корень из которого 30; 4,51; это будет длина линии *ef*, выраженная в частях, каких в *de* содержится 60; если же принять *de* за 100 000, то *ef* будет равна 50 135, а *df* — 60 037.

Таким образом, в треугольнике *def* со всеми данными сторонами определятся и углы *def*, равный 27; 18,40 градусам, относящийся к скорости попятного движения планеты, и *edf* — 22; 9,50 градусов, относящийся к параллактической аномалии луча зрения. Если мы согласно числовым отношениям для апогея прибавим к ним рассматриваемые градусы долготы 17; 19,3, или по среднему движению — 20; 59,3, то получится половина попятного движения 9; 59,37 градусов в течение приблизительно 40 дней, а все попятное движение — 19; 59,13 градусов за 80 дней.

Вблизи перигея рассуждение будет таким же; мы нашли для него отношение между рассматриваемым движением планеты и соответствующим движением нашего зрения, равное 1; 50,40 к единице; в таком отношении будут находиться *gf* и *fe*; вследствие этого заключенный между *be*, *ef* прямоугольник будет равен 4; 41,21. Но линия *de*, как доказано, равна 9040 частям, каких в *ad* 6580; следовательно, если *de* принять за 60, то *ad* будет равна 43; 40,21, вся *ae* — 103; 40,21, а остаток *ce* — 16; 19,39. Отсюда прямоугольник между *ae*, *ec* будет 1672; 42,52; если мы разделим это на 4; 41,21, то получится 360; 59,1, откуда представляющий *ef* квадратный корень будет равен 18; 59,58 частям, каких в *de* содержится 60. Но если положить *de* равной 100 000, то *ef* будет равна 31 665 таким частям, а *df* — 72 787. Таким образом, в треугольнике *def* со всеми заданными сторонами определяются и углы *def* — 25; 45,16 градусов, представляющий параллактическое попятное движение планеты, и *edf* — 10; 53,13 градусов, дающий расстояние луча зрения от акронихия и средней точки попятного движения. Но в течение времени, за которое луч зрения проходит дугу *fe*, равную 10; 53,13 градусов, планета в рассматриваемом движении пройдет 19; 44,59 градусов, в среднем же движении — 16; 17,21 градусов, так что для половины попятного движения остается приблизительно 6 градусов и 31 день с двенадцатой частью; все же попятное движение составит 12 градусов 1 минуту и приблизительно 62 дня с одной шестой».

Книга шестая

[1] Шестая книга соответствует тринадцатой Птолемея. Изложение Коперника временами очень близко к птолемеевскому; однако надо сказать, что движение по широте у Птолемея объясняется при помощи несущих планету эпициклов, наклоненных к плоскости эксцентра, а Коперник заменяет их движением Земли, но для расчета заставляет эксцентры менять наклон. Подобным образом Копернику принадлежит введение девиации для Венеры и Меркурия (в таблицах Птолемея этого вида широты не содержится). Очень интересно читать параллельно оба текста — как Коперника, так и Птолемея. Мы видим, как Коперник видоизменяет Птолемея, приспосабливая к своей теории движения Земли; однако иногда его

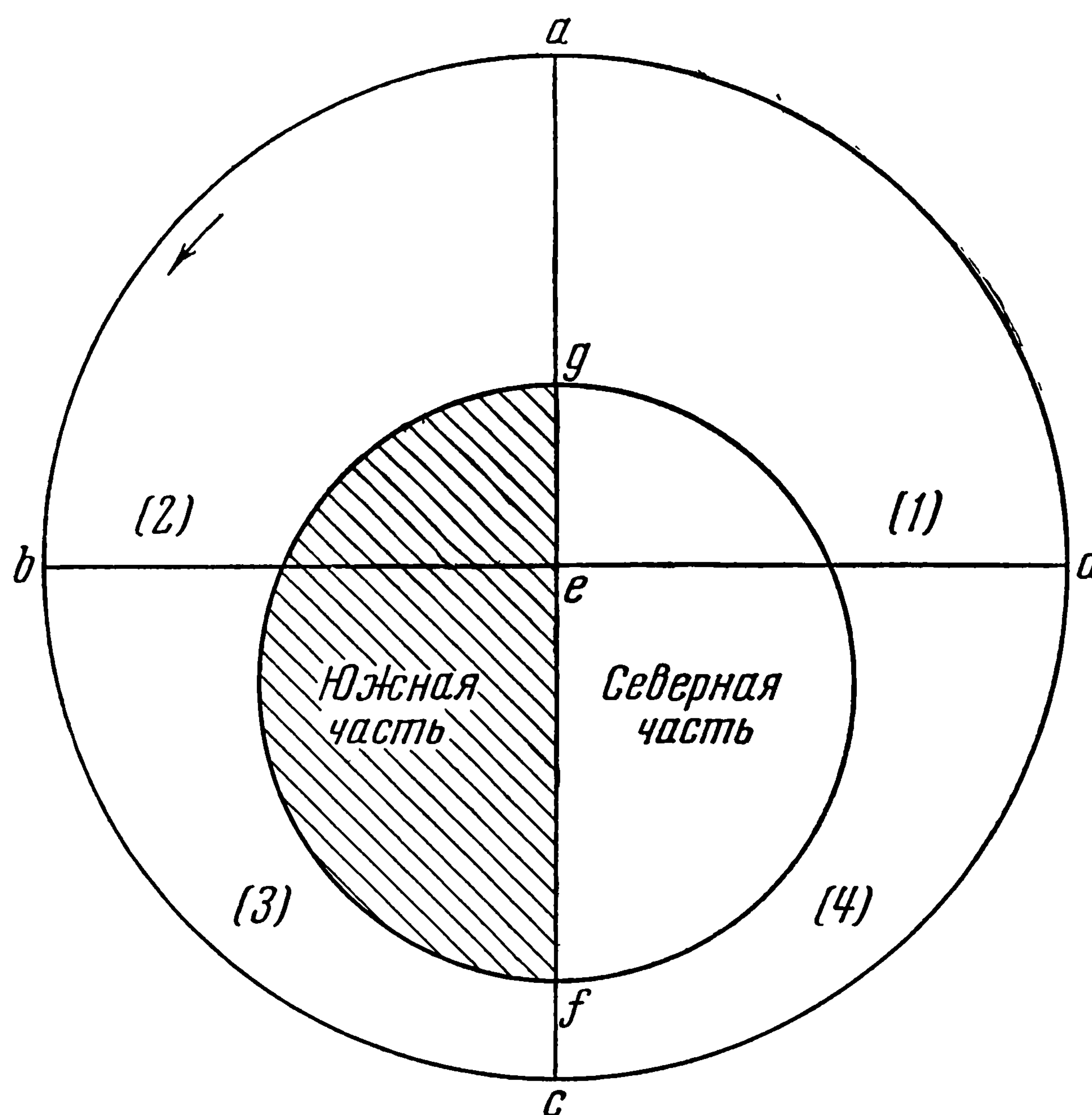


Рис. 26

текст очень походит на комментарий или переложение Птолемея: отдельные фразы переводятся почти целиком, отсутствуют собственные наблюдения, так что некоторые исследователи считали эту книгу наименее самостоятельной частью работы Коперника.

[2] Слова в квадратных скобках помещены на полях манускрипта.

[3] Для уяснения движения нижней планеты, например Венеры, по широте изложим картину, рисуемую Коперником, используя современные термины.

Пусть *abcd* — Великий круг Земли с центром в *e*, а *gf* — эксцентрическая орбита Венеры; в *g* находится нисходящий, а в *f* — восходящий узел; левая часть орбиты Венеры расположена к югу от зодиакальной плоскости (рис. 26). Пусть

точка *a* представляет начало отсчета эксцентрической аномалии. Первое положение Земли Коперник берет в точке *b*. Если Венера находится в точке *g* или *f*, то ее широта равна нулю; в положении *1* Венера в наибольшем расстоянии имеет северную широту, в положении *2* — южную. Когда Земля находится в точке *d*, широты Венеры будут иметь как раз обратные величины, то есть в наибольшем расстоянии южную. Когда Земля в точке *c* подходит к *f* и Венера будет к востоку от Солнца (положение *3*) — вечерняя звезда, то она будет иметь южную широту; при нахождении же к западу от Солнца (положение *4*) она будет иметь северную широту. В точке *a* положение как раз обратное.

Объяснение движения Меркурия совершенно аналогично, только теперь левый полукруг находится севернее эклиптики, а правый — южнее ее.

[4] В дальнейшем Коперник вместо «инклинации» употребляет термин «деклинация».

[5] Мы воспроизводим чертеж Коперника, где оба круга *op* и *fg* несколько сдвинуты по отношению друг к другу; в действительности они имеют один и тот же центр на линии *gl*, но лежат в различных плоскостях; мы изобразили бы один из них (или даже оба) в форме эллипсов.

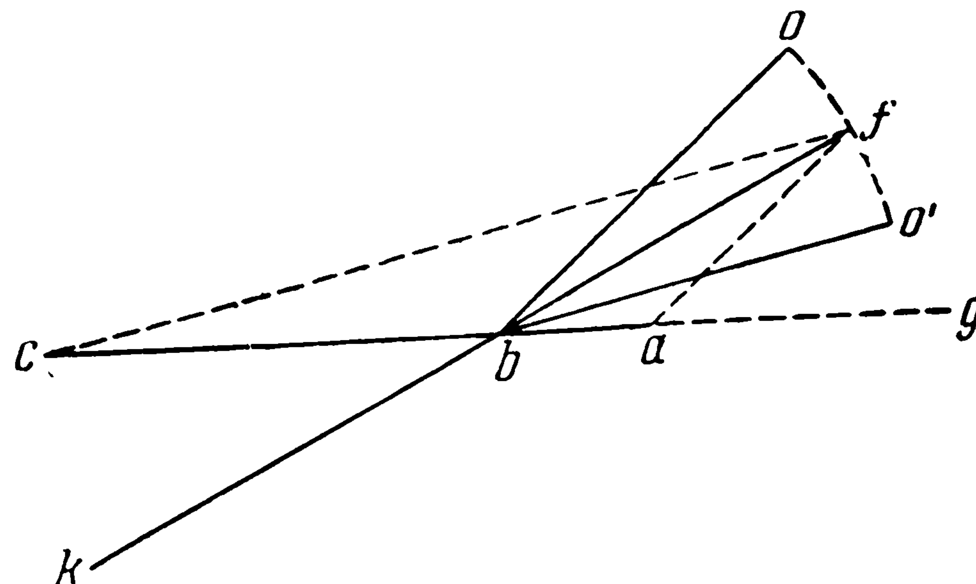


Рис. 27

[6] Это колебательное движение орбиты не следует смешивать с действительным изменением угла наклона орбиты к плоскости эклиптики. Чтобы лучше понять мысль Коперника, надо посмотреть на его конструкцию сбоку.

Пусть *abc* представляет проекцию Великого круга Земли, так что линия *cbag* лежит в плоскости зодиака, а линия *fbk* представляет плоскость действительной орбиты планеты, которая в данный момент находится в точке *f* (рис. 27). Предположим, что она остается в *f* неподвижной, а Земля совершает движение по своей орбите. Если она находится в точке *a*, то широта планеты будет измеряться углом *fag*. Проведем через центр Великого круга прямую *bo*, параллельную *af* и равную *bf*; тогда при наблюдении из *a* мы будем считать планету находящейся в *o*. Когда мы увидим Землю сбоку в точке *b*, широта планеты будет измеряться углом *fbg*: точка *o* Коперника перейдет в *f*. Далее, в момент нахождения Земли в точке *c* широта планеты будет равна *fcg*; если провести *bo'*, равную *bf* и параллельную *cf*, то точка *f* перейдет в *o*. Это периодическое изменение широты планеты *f* Коперник изображает колебательным движением орбиты планеты *op* около среднего положения *kf* — истинной орбиты; период этого колебания соизмерим с периодом параллактического обращения планеты.

[7] В первой редакции рукописи здесь стояли зачеркнутые потом Коперником слова:

«И это колебание будет соразмерно с движением Земли, так что когда линия среднего положения Солнца будет проходить через апогей или перигей планеты, то она будет иметь наибольшее отклонение, в какой бы части своей орбиты она ни находилась, в средних же дугах она будет лишена девиации».

[8] Общий механизм изменения широты у нижних планет представлен у Коперника в таком виде.

Видимая широта определяется двумя факторами: местом Земли на Великом круге и местом планеты на ее орбите.

Изменение широты вследствие движения Земли получается, как и у верхних планет, от колебательного движения орбиты, которое Коперник называет деклинационным. Период этого колебания также соизмерим с периодом движения Земли, но если для верхних планет Коперник ограничивался простым указанием на соизмеримость, то для нижних планет он уже уточняет: период деклинационного колебания в два раза меньше периода обращения Земли; это объясняется тем, что нижние планеты движутся быстрее Земли, так что в течение года с Земли можно увидеть планету и вблизи верхнего и вблизи нижнего пределов широты.

К этому изменению широты — деклинации — примешивается и другое, происходящее от движения планеты по своей орбите. Это изменение Коперник первоначально (Упсальская запись) называл отражением (reflexio); теперь, следуя Птолемею, он называет его уклонением вкось, или обликвацией (точный перевод птолемеевского λόξωσις). Когда Земля находится на линии апсид, т. е. в плоскости орбиты планеты, изменение широты будет происходить только вследствие обликвации; при нахождении же Земли в средних долготах, иными словами вблизи мест, где планета имеет максимальную северную или южную широту, основное изменение широты планеты будет происходить вследствие деклинации. В других местах, как говорит Коперник в конце гл. I, оба эти изменения будут складываться между собой, по очереди возрастая и убывая, и взаимно уступать друг другу место. В гл. II Коперник указывает, что оба эти изменения наклона отличаются между собой «скорее по названию, чем по существу».

На это колебание накладывается еще другое — девиационное. Необходимость принять его была вызвана тем, что наибольшие отклонения Венеры к северу превышали отклонения к югу, а для Меркурия — наоборот. Для этого колебания Коперник, следуя Птолемею, вводит особый девиационный круг, который вращается вокруг оси, расположенной в плоскости орбиты планеты. Эта ось делает в плоскости орбиты полный оборот за один год, причем если Земля находится на прямой *ac*, то ось *rs* вращения (см. рис. на стр. 393) будет совпадать с *ac*. По этому кругу будет двигаться некоторая точка, изображающая планету, так, чтобы при нахождении Земли в *a* или в *c* она находилась в наибольшем северном или южном пределе широты и прямая, соединяющая ее с центром девиационного круга, была перпендикулярна к оси вращения, причем это должно иметь место, где бы в действительности истинная планета ни находилась.

Коперник в качестве начального берет положение, когда Земля расположена в *a*, а изображающая планету точка — в *t* — наивысшем северном пределе широты. Начиная от этого положения будут происходить с одинаковой угловой скоростью следующие три движения: 1) Земли по Великому кругу от *a* к *b*; 2) прямой *rs* в плоскости эклиптики вокруг середины диаметра *rs*; 3) точки, изображающей планету, из *t* к *r*.

Одновременно с этим девиационный круг будет совершать вокруг оси *rs* колебательное движение, причем точка *t* сначала будет опускаться, через четверть периода окажется в плоскости Великого круга, затем пройдет через него и еще через четверть периода (когда Земля окажется в *c*) достигнет наинизшего положения; затем девиационный круг будет подыматься, еще через четверть периода (когда Земля будет в *d*) его плоскость опять совпадет с плоскостью Великого кру-

га и, наконец, по истечении последней четверти периода точка t достигнет начального движения. В результате такого колебательного движения та часть девиационного круга, в которой находится точка, изображающая планету, всегда будет находиться или выше плоскости Великого круга (в случае Венеры), или ниже ее (в случае Меркурия).

Следует отметить, что оба круга — деклинационный и девиационный — считаются движущимися совершенно независимо друг от друга, оба получающиеся таким образом движения по широте потом складываются, так что Коперник в конце главы говорит о «единственном» движении и «одном и том же колебании, которое может произвести обе разновидности». Конечно, для нас возможность таких соединений кажется противоестественной, но в данном случае Коперник просто следует Птолемею (кн. XIII, 2).

9 В дальнейшем Коперник об этом не говорит.

10 В манускрипте и торнском издании вместо c стоит ошибочно b.

11 Конец главы в первой редакции манускрипта (потом был зачеркнут) читался так:

«...как мы показали относительно его движения по долготе. И там мы рассматривали долготу без широты, здесь же — широту без долготы, хотя обе разновидности производятся одним и тем же движением и колебанием, как позволено будет заметить».

12 Поставленная в квадратных скобках фраза написана на полях манускрипта; она взята из текста Птолемея (кн. XIII, 3, начало).

13 Чертеж Коперника несколько напоминает соответствующий чертеж Птолемея, но у последнего имеются вокруг c и d эпициклы, отсутствующие у Коперника.

14 После этого в манускрипте шли следующие строки, зачеркнутые позже Коперником:

«Покажем это в качестве примера для Марса, так как он по широте уходит дальше всех других. Так, если он будет находиться в точке a в противостоянии, а Земля будет в f, то угол afc будет равен 7 градусам 7 минутам. Но так как положение точки c задано и она будет в апогее Марса, а согласно доказанному выше для размеров орбиты длина ce составляет одну часть с 22 первыми и 20 вторыми шестидесятыми, каких в fg будет одна, то, значит, в треугольнике cef по заданному отношению сторон ce, ef и углу cfe [в торнском издании cef] будет задан также и угол cef наибольшего наклона эксцентра; он согласно теории плоских треугольников будет равен 5 градусам 11 минутам. Когда же Земля будет находиться в противоположной точке, то есть в g, а планета — в c, то угол cgf видимой широты будет равняться 4 минутам».

15 Для понимания чертежа Коперника нужно иметь в виду, что точка c находится над плоскостью чертежа, представляющей плоскость эклиптики. Планета c совпадает с местом орбиты, имеющим наибольшую широту, так что перпендикуляр ac будет также перпендикуляром и к плоскости чертежа. Прямая ab представляет сечение зодиака плоскостью, проходящей через точки орбиты с наибольшими значениями широты, но точка a является не северным пределом, а основанием перпендикуляра, опущенного из северного предела на зодиакальную плоскость; угол adc — наибольшая северная широта планеты, или, как мы сказали бы в настоящее время, угол наклона плоскости орбиты планеты к эклиптике.

Коперник ставит перед собой задачу определить широту планеты, находящейся в c (наибольший северный предел) и наблюдаемой с Земли, которая отошла на дугу ef от положения противостояния e; эту величину он и называет angulus inclinationis eccentri — углом наклонения эксцентра в соответствующем положении (in hoc themate — грецизм). Коперник считает, что этот угол изменяется по закону гармонического колебания, причем независимой переменной служит у него изменение положения точки g (основание перпендикуляра из f) на диаметре eb.

[16] «Это бывает в средних долготах и вблизи узлов, когда по уточненным значениям долготы Земля будет находиться на расстоянии в четверть окружности от апогея или перигея планеты».

Смысл следующий: когда Земля находится на расстоянии четверти круга истинной долготы, отклонения Венеры по широте сводятся к одной деклинации. Приведенная фраза представляет несколько измененный перевод соответствующего места у Птолемея (кн. XIII, 3).

[17] Исправлено по тексту Птолемея: в манускрипте и торнском издании стоит недопустимая величина 8° 2′, хотя печатные издания дают верно —1°.

[18] Речь идет об окружности, по которой измеряется наклон орбиты.

[19] Под обликвациями подразумеваются широты, получающиеся в предположении, что Земля находится на линии пересечения плоскости орбиты планеты и зодиакальной плоскости. Эти широты определяются только местом планеты на орбите и углом наклона последней, который теперь считается постоянным в отличие от деклинации.

В «Малом комментарии» и астрономических таблицах Коперник пользовался термином «отражение» (reflexio). Материал соответствующей главы имеется в гл. IV тринадцатой книги «Альмагеста». Первый абзац представляет буквальный перевод соответствующего места у Птолемея, настолько точный, что по греческому тексту можно править рукопись Коперника.

[20] «...у Венеры прохождение... производит отклонение без заметной разницы...». Исправляю согласно Птолемею: sine differentia manifesta — вместо стоящего во всех изданиях sive (или).

[21] В дальнейшем Коперник также довольно близко следует Птолемею и повторяет его чертеж с соответствующими обозначениями; разница заключается лишь в том, что у Птолемея речь идет об эпицикле Венеры, а у Коперника — о ее орбите.

[22] «Скоса» (в подлиннике obliquitatis) — в данном случае имеет тот же смысл, что и inclinatio — наклон.

[23] В гл. XXI пятой книги приведена лишь величина радиуса орбит Венеры — 7193 части, каких в радиусе Великого круга Земли имеется 10 000. Остальные числовые данные снова взяты у Птолемея (кн. XIII, 4): истинное значение большой полуоси орбиты Венеры будет равно 7233, если большую полуось орбиты Земли принять за 10 000.

[24] После слов «*ad* содержит их 6947» в манускрипте стояли зачеркнутые слова «при их помощи мы получим, что угол *daf* равняется примерно 46 градусам».

Между прочим, это верно, так как

$$\frac{df}{ad} = \frac{4997}{6947} = \sin 46^\circ 0'.$$

[25] «...длины: *ag* — 6940...». В тексте вместо longitudine стоит ошибочно latitudine.

[26] Смысл двух последних фраз заключается в том, что при наибольшей обликвации простаферез долготы изменится всего лишь на 3′ по сравнению с тем, который получился бы при отсутствии наклона орбиты. Последней фразы у Птолемея нет. Коперник отмечает, что угол наклона орбит $dfg = 3^\circ 29'$ и что избыточный градус получился вследствие деклинационного движения. В действительности наклон орбиты Венеры к эклиптике равняется 3° 24′. Собственно говоря, взятые $2^1/_2{}^\circ$ представляют не наклон орбиты, а наибольшую широту планеты в крайней элонгации.

[27] Данная величина 3573 представляет наименьшую величину радиуса орбиты Меркурия (кн. V, 27). Остальные величины получены при пересчете данных Птолемея.

[28] «...*ab* относится к *ad*, как *bd* к *df*...». В тексте ошибочно «к *bf*».

[29] У Коперника термин inclinatio означает наклон орбиты (переменный), а иногда

и один из видов широты, получивший потом название деклинации. Величина 6° 15′ приведена в начале гл. V этой книги. Истинная величина наклона орбиты Меркурия равна 7°. Для обозначения наклона орбиты в нашем смысле слова, т. е. постоянного, Коперник употребляет также термин obliquitas (скос).

30 «...отношение *ab* к *bd* будет, как 10 208 к 7193...». В торнском издании «к 71 932».

31 «...подобных предыдущим вычислений...». Они дают несколько иной результат. Исправленный текст следовало бы читать так: «...тогда при помощи подобных предыдущим вычислений найдем, что *ad* будет 10 348 частей, а *df* — 3377. Но заданный угол *dfg* обликвации равен и здесь 7 градусам; вследствие этого прямая *dg* будет равна 412 таким частям, каких в *df* содержится 3377 или в *da* — 10 348».

Исправления приводят к той же величине $\angle dag = 2° 17'$. Стоящие у Коперника величины $ad = 9452$ и $df = 3085$ получаются при замене $ab : bd = 10\,948 : 3573$ равным ему отношением 10 000 : 3263. Коперник, исходя из того, что $bd = 3573$, вычислил сначала $ab = 10\,948$, а в дальнейшем считал $ab = 10\,000$.

32 Наибольшая широта Луны равна 5°. Если принять ее равной 60 (мы сказали бы — равной единице), то для получения шестидесятых частей, или пропорциональных минут, нужно соответствующие широты умножить на 12.

Идею метода Коперника для расчета деклинаций и обликваций в промежуточных долготах в современной терминологии можно выразить так. Пусть Земля находится на своей орбите в точке пересечения последней с линией узлов орбиты планеты или соответственно линией аспид. В этом положении можно рассчитать обликвацию для любого места, занимаемого планетой на ее орбите. Будем считать упомянутую точку началом отсчета долгот Земли ($\lambda = 0$) и рассматривать планету в наибольшей элонгации; тогда значение обликвации будет максимальным. Если $\lambda = 90°$, то, наоборот, для наибольшей элонгации планеты обликвация будет равна нулю. Будем считать, что в промежуточных положениях Земли значения обликвации изменяются по закону гармонического колебания. Тогда все значения обликвации при любой долготе λ Земли получатся простым умножением на $\cos\lambda$.

Аналогичное положение мы будем иметь и для деклинации, но так как деклинация достигает максимума при $\lambda = 90$ и 270°, то для промежуточных положений Земли на ее орбите вычисленные значения деклинации надо умножать на $\sin\lambda$.

33 Вместо refractionis текста читаю reflexionis.

34 Следующий текст нельзя назвать вполне ясным, возможно, из-за некоторых ошибок; кроме того, для рассматриваемого частного случая Коперник взял несколько более упрощенный механизм для объяснения девиации, чем данный им в гл. II. По-видимому, чертеж приходится понимать так. Плоскость чертежа перпендикулярна большому кругу Земли, центр которого находится в *a*. Плоскость орбиты считается тоже перпендикулярной плоскости чертежа (наклоном ее к плоскости эклиптики пренебрегаем). Точка *b* является центром орбиты планеты при нахождении последней в перигее и апогее (ее диаметр в рассматриваемом положении будет *cbe*), а также лежащего в плоскости чертежа круга *cdf*, «как бы проходящего через полюсы самой наклонной орбиты», т. е. перпендикулярного к ней.

Далее Коперник вводит другой параллельный орбите круг, центр которого смещается по прямой *bg*; диаметр этого круга в пересечении с плоскостью чертежа будет *fd*; так как девиационное смещение небольшое, то вопрос о равенстве *df* и *ce* не имеет значения (во всяком случае при вычислениях Коперник считает их равными). Когда планета находится в перигее или апогее, центр этой второй параллельной орбиты переносится в точку *g*.

35 Тангенс 10′ (шестая часть градуса), будет 0,00291, или 29/10 000. Радиус земной орбиты Коперник берет равным 10 000, радиус орбиты Венеры будет тогда равен 7193 (кн. V, 21). Мы имеем $ab = 10\,000$, $abc = 17\,193$, $abe = 10\,000 - 7193 = 2807$. При вычислении угла *eaf* Коперник делает ошибку; действительно,

$$\operatorname{tg} bag = \frac{29}{10\,000} = \operatorname{tg} 10', \quad \operatorname{tg} cad = \frac{29}{17\,193} = \operatorname{tg} 6',$$

но

$$\operatorname{tg} eaf = \frac{29}{2807} = \operatorname{tg} 35',$$

а не 15′, как у Коперника.

36 «...остаток ae — 6427...». Так стоит в варшавском издании; в торнском ошибочно: $ae = 6827$. Как показывают проверочные вычисления, только так могут быть получены имеющиеся в тексте величины углов $cad = 33'$ и $eaf' = 70$.

37 В первой редакции манускрипта рассматриваемая глава заканчивалась так:

«...считал ее как бы простой. Если все-таки кто-нибудь захотел бы исследовать эти скрытые в солнечных лучах движения Меркурия, то ему пришлось бы затратить гораздо больше труда, чем для какого-нибудь из рассмотренных выше видов широт. Поэтому мы все это опускаем и предоставляем место способу расчета древних, не слишком отличающемуся от истинного, чтобы в таком малозначащем вопросе мы не оказались бы, как говорят, спорящими из-за тени осла. И сказанного об отклонениях пяти планет по широте будет достаточно; для их расчета мы также даем таблицы по образцу предыдущих и тоже по 30 строчек».

Говоря о тени осла, Коперник вспоминает известный анекдот о Демосфене, который, видя, что в народном собрании граждане его не слушают, прервал речь и стал рассказывать, как погонщик осла стал требовать деньги с прохожего за то, что тот сел отдыхать в тени его осла, и даже обратился с этим в суд. Когда граждане стали слушать внимательно, Демосфен прекратил свой рассказ и на просьбы продолжать ответил: «О важных делах вы не хотите слушать, а вот спор о тени осла вас занимает».

38 В торнском издании ошибочно eh, gh.

39 Сохраняя обозначения рис. на стр. 409, укажем способ вычисления пропорциональных минут в современной формулировке. Пусть bf (величина девиации) будет δ, а дуга $fg = \varphi$. В таком случае вследствие малости δ можем написать $be = \delta \cos\varphi$ и аналогично $kl = be \cos\varphi$. Отсюда

$$kl = \delta \cos^2\varphi = \delta \frac{be^2}{\delta^2} = \frac{be^2}{\delta}\,.$$

40 Таблицы даются в том виде, в каком они приведены в торнском издании. В манускрипте в двух последних таблицах столбцы с девиациями поставлены рядом на предпоследнем месте перед столбцом «Пропорциональные минуты».

41 Способ вычисления широт для верхних планет представляет почти буквальный перевод начала гл. VI тринадцатой книги Птолемея. Оттуда взяты и не объясненные Коперником требования вычитать 20° для Юпитера и прибавлять 50° для Сатурна.

Однако в таблицах есть некоторые расхождения: прежде всего у Птолемея градусы отсчитываются через 6 для первой и последней четвертей круга и через 3 для остальных, у Коперника же через 3 для всей окружности. Что касается табличных цифр, то для Сатурна они у обоих авторов одинаковы, для Юпитера встречаются расхождения на 1′, начиная с «общего числа» в 120° и только для южной широты. Для Марса расхождения более значительны: северные широты в первой и четвертой четвертях у Коперника, как правило, на 1′ меньше, а во второй и третьей — больше, причем разница с возрастанием общего числа увеличивается от 1 до 9′ (в окрестностях 180°); южные широты, наоборот, в первой и четвертой четвертях у Коперника больше (иногда разность может доходить до 2′), а во второй и третьей меньше, причем разность возрастает от 1 до 17′ (в окрестностях 180°). Подобным образом есть некоторые, может быть случайные, различия и в пропорциональных минутах.

42 Таблицы для Меркурия и Венеры построены у Коперника иначе, чем у Птолемея: у Коперника имеется еще столбец (deviationes) с соответствующими пропорциональными минутами, которого у Птолемея нет. Что касается табличных значений двух первых столбцов, то они у Коперника и Птолемея совпадают.

Малый комментарий

[1] Название «Малый комментарий» (Commentariolus) нельзя считать твердо установленным, поскольку мы знаем это произведение лишь по двум копиям (стокгольмская и венская рукописи), сделанным приблизительно во второй половине XVI в. Ряд авторов (в том числе Биркенмайер) считает это название не принадлежащим Копернику.

Относительно времени написания «Малого комментария» имеются самые различные предположения; некоторые исследователи (Куртце, Прове) относили его даже к 30-м годам XVI в. Большой заслугой Биркенмайера является то, что он показал невозможность написания Коперником этого произведения после 1515—1516 гг.; таким образом, здесь мы имеем дело с самым первым наброском гелиоцентрической системы Коперника. По вопросу о более точном времени написания «Малого комментария» у Биркенмайера определенного мнения нет; в биографии Коперника, вышедшей в 1923 г., он пишет (гл. II, 9):

«В мае 1504 года, когда Коперник на обратном пути из Италии в Вармию задержался на некоторое время в Кракове, упомянутый выше эскиз нового механизма мира был уже настолько готов, что заключенный в нем теоретический аппарат был достаточен для вычисления положений планет впервые в соответствии с гелиоцентрическими представлениями. На ближайшие годы — 1505, вероятнее, однако, на 1506 или даже 1507, падает составление и выпуск в свет... небольшого сочинения, которое обычно неправильно называется „Малым комментарием“».

Полностью эта теория разработана Биркенмайером в его «Stromata Copernicana» (Краков, 1924, стр. 199—224). Основной его аргумент заключается в следующем.

В архиве краковского доктора медицины Матвея из Мехова (1456—1523), бывшего одно время ректором университета, нашли относящийся к 1514 г. каталог книг его библиотеки, написанный в виде приложения к его завещанию. В этом каталоге имеется следующая запись: Item sexternus Theorice asserentis terram moveri, Solem vero quiescere (Еще секстерн Теорики, утверждающей, что Земля движется, а Солнце покоится). Хотя имя автора не указано, Биркенмайер считает эту рукопись «Малым комментарием». Доктор Матвей находился в Кракове начиная с 1507 г., а Коперник приезжал туда в 1509 г. в связи с печатанием своей книги «Письма Симокатты». Но так как доктор Матвей был на 17 лет старше Коперника, то вряд ли между ними могли быть особо тесные сношения. Посредником между ними, как пишет Биркенмайер, мог быть только Бернард Ваповский, который был с 1509 г. краковским каноником и жил в одном доме с доктором Матвеем.

Против теории Биркенмайера можно привести некоторые возражения. Прежде всего завещание не связывает имени Коперника с упомянутым сочинением. Затем не сходится объем сочинения. Секстерном называлась тетрадь в шесть двойных листов (24 страницы) [1], тогда как в издании Прове «Малый комментарий» содержит всего лишь 15 печатных страниц in 8° (за вычетом примечаний).

В-третьих, печатая «Письмо Симокатты», Коперник приложил стихотворное предисловие Лаврентия Корвина, лекции которого он слушал еще в Краковском университете. В этом предисловии астрономические достижения Коперника описываются с точки зрения геоцентризма. Это, конечно, не значит, что Коперник не мог иметь уже в то время набросок гелиоцентрической теории, но во всяком случае он об этом ничего не сказал даже Корвину, своему бывшему учителю,

---

[1] У Коперника quinternio в манускрипте De Revolutionibus равносилен тетради в 20 страниц.

хорошо к нему относившемуся. С другой стороны, мы знаем, что в 1524 г., когда Коперник уже имел достаточно разработанную гелиоцентрическую теорию, он в письме к Ваповскому о книге Вернера прямо отказывается сообщить ему что-нибудь о своих теориях и вообще пишет так, что его вполне можно считать стоящим на точке зрения официальной науки. Таким образом, возможность передачи через Ваповского полностью отпадает.

Наконец, теория Биркенмайера ничего не говорит о мотиве, заставившем Коперника нарушить завет пифагорейцев, о которых он говорит в самом начале сочинения.

Может быть, ответ на интересующий нас вопрос мы сможем получить, если обратимся к более детальному рассмотрению роли Тидеманна Гизе. Обычно считается, что он склонил Коперника к тому, чтобы напечатать уже написанное им De Revolutionibus. Внимательное чтение последней части Narratio prima Ретика — не всегда печатающейся «Похвалы Пруссии», показывает, что роль епископа Гизе была более значительной. Первоначально Коперник предполагал выпустить одни таблицы и предоставить ученым-астрономам самим вывести те теории, на которых было основано построение этих таблиц. Тидеманн Гизе заставил его написать объяснительный текст; это переносит нас из 30-х годов XVI в. к самому началу работы Коперника над его бессмертной книгой.

Какая причина заставила епископа хлопотать о выпуске в свет изложения новой теории? Он понял, как говорит Ретик, что «не мало будет сделано во славу Христа, если церковь будет обладать правильно установленной последовательностью времен и надежной теорией в науке о движениях» (стр. 544 наст. изд.). Это приводит нас к 1513—1515 гг.— времени деятельности Латеранского собора, занимавшегося вопросом о реформе календаря; в таком случае Commentariolus становится сочинением, объясняющим основные принципы теории новых астрономических таблиц, и мы понимаем, что заставило Коперника нарушить пифагорейские заповеди.

В самом тексте Commentariolus можно найти два указания, подтверждающие предлагаемую теорию.

Во-первых, Коперник говорит, что он опускает математические выводы как «предназначенные для более обширного сочинения» (maiori volumini destinatas); этим сочинением может быть только De Revolutionibus, работа над которым могла начаться не ранее 1515 г.

Во-вторых, Коперник при установлении продолжительности года упоминает о наблюдении Спики. В связи с этим интересно отметить, что в современной Копернику астрономии Спика считалась звездой Христа; ее Коперник, возможно, и счел наиболее подходящей для исследований, предназначенных для реформы календаря. Птолемей при исследованиях прецессии производил наблюдения Регула. Из De Revolutionibus мы знаем, что основные наблюдения над этой звездой начались с 1515 г.

Таким образом, 1515 г. может быть приблизительной датой составления Commentariolus.

[2] В переводе сохранена некоторая двусмысленность подлинника (caeleste corpus in absolutissima rotunditate non semper aeque moveri). Rotunditas может относиться как к форме самого небесного тела, так и к виду описываемой им траектории (точнее, несущей его сферы).

[3] Слов, поставленных в квадратных скобках, нет ни в одном из списков подлинника. Ниже Коперник определяет период обращения Марса в 29 месяцев. В De Revolutionibus Коперник определяет период обращения Марса в два года.

[4] Таким образом, Коперник полагает эксцентриситет земной орбиты постоянным, как и Птолемей, считавший его равным 24-й части радиуса. В De Revolutionibus эксцентриситет считается переменным, изменяющимся между $^1/_{31}$ и $^1/_{24}$.

5 Для значения эксцентриситета $1/24$ мы получили бы максимальную величину неравенства 2°23′. Для значения $1/25$ точные вычисления дали бы 2° 17,5′. Вероятно, приведенная в тексте округленная величина $1/6$ получилась вследствие того, что Коперник взял шестую часть не от 60, а от 100′ (6·17,5 = 105). В De Revolutionibus соответствующая величина равна 1° 51′.

6 Слова «неизменно на расстоянии» показывают, что в эпоху составления Commentariolus Коперник вместе с Птолемеем считал линию апсид Солнца неподвижной. В гл. XXII третьей книги De Revolutionibus Коперник определяет положение солнечного апогея для 1515 г. на 6° 40′ Рака, т. е. на 96° 40′ долготы. Птолемей дает долготу Поллукса 86° 40′, а долготу солнечного апогея 65° 30′. Было бы заманчиво вместо in occidentem читать in orientem и «наиболее блестящей звездой» считать Поллукса: тогда долгота солнечного апогея в Commentariolus получилась бы тоже 86° 40′ + 10°= 96° 40′.

7 В De Revolutionibus Коперник дает величину 23° 28,5′.

8 Это показывает, что во время написания Commentariolus Коперник еще не полностью разработал теорию прецессии, изложенную в третьей книге De Revolutionibus.

9 Ошибка, в которую ввела Коперника «Эпитома» Региомонтана. В действительности Гиппарх показал, что солнечный год не может равняться $365^1/_4$ дня.

10 Розен вместо чтения Hispalensis (севильский) предлагает Hispaniensis (испанский) и считает, что под этим именем можно подразумевать короля Альфонса Мудрого, при котором были составлены Альфонсовы таблицы, действительно определяющие величину года в 365 дней 5 час. 49 мин. и 16 сек.

11 Первое наблюдение Спики было произведено Коперником в 1515 г. (De Revolutionibus, кн. III, 2). Величина звездного года была определена Коперником в 365 дней 6 час. 9 мин. 40 сек. (ibid, кн. III, 14). «Египтян» Коперник взял из «Эпитомы», где «египетский» год определяется как имеющий $365\frac{1}{4}\frac{1}{150}$ дня, т. е. 365 дней 6 час. 11 мин.

12 Т. е. $1/10 + 1/180$. Большая часть главы о Луне сохранилась только в одном стокгольмском списке, поэтому текст приходится исправлять по догадке. Такими не совсем понятными местами являются: добавление слова «годовой» к названию второго эпицикла (первый эпицикл обращается в месяц, а второй — в полмесяца); опущение «полу» у диаметра первого эпицикла и, наконец, замена четверти (quarta) словом части (parte). Ряд поставленных в квадратных скобках исправлений можно было сделать по записям Коперника на листочках, вплетенных в часто употреблявшуюся книгу его библиотеки (Альфонсовы таблицы и др.). На листочке, вплетенном в Альфонсовы таблицы, соотношения между элементами лунных орбит даны в таком виде: «Отношение полудиаметра лунной орбиты к первому эпициклу равно 10 : 1 $1/18$, отношение первого эпицикла $19/4$», т. е. 1 : 4 $3/4$. В De Revolutionibus (кн. IV, 9) отношения несколько изменены: первое дано в виде 1097 : 10 000, или приблизительно 1 $1/10$: 10, второе же 1097 : 237 $\simeq$ $\simeq$ 4,63 вместо 4,75.

13 Вместо prima quidem diversitate dupliciter variationum motus epicycli minoris ingerit читаю, как и Розен, primae quidem diversitati dupliciter variationem motus epicycli minoris ingerit.

14 В подлиннике ошибочно 17 (исправление Розена).

15 Так в подлиннике. В De Revolutionibus соответствующая величина 7° 40′.

16 Критика гипотезы Птолемея, повторенная Коперником в начале четвертой книги De Revolutionibus.

17 В подлиннике вместо 38 в обоих списках 30 (поправка Розена согласно записям Коперника в таблицах Региомонтана).

18 Чтение стокгольмского списка; в венском стоит $236^1/_6$. Исправления легко могут

быть сделаны по De Revolutionibus, как видно из следующей таблицы, содержащей величины отношения радиуса орбиты планеты к радиусу Великого круга (орбиты Земли) по Commentariolus и De Revolutionibus.

	Commentariolus	De Revolutionibus
Марс	38 : 25	10 000 : 6580 = 38 : 25
Юпитер	130 1/5 : 25	10 000 : 1916 = 130 1/2 : 25
Сатурн	230 1/6 : 25	10 000 : 1090 = 229 1/3 : 25

19 В De Revolutionibus Коперник дает для вращений планет несколько отличающийся механизм: если в Commentariolus движение определяется концентрическим земному кругом с двумя эпициклами, то в De Revolutionibus мы имеем эксцентрический круг с одним (вторым) эпициклом. Правда, Копернику было очень хорошо известно, что комбинация концентрического круга с одним эпициклом эквивалентна эксцентру.

20 Указанные звезды будут: 1) *h* Sagittarii; 2) β Leonis; 3) α Leonis (Регул). Координаты этих звезд по каталогу Птолемея таковы: 1) $\lambda = 264°\,50'$, $\beta = -2°\,50'$; 2) $\lambda = 144°\,30'$, $\beta = 0°\,10'$; 3) $\lambda = 122°\,30'$, $\beta = 10'$. Чтобы определить долготы по каталогу Коперника, в котором началом отсчета является γ Arietis, надо вычесть из указанных величин по 6° 40′; в таком случае долготы рассматриваемых апогеев будут: 1) 258° 10′; 2) 144° 30′—6° 40′+ 8°= 145° 50′; 3) 122° 30′—6° 40′—6° 30′= =109° 20′. У Птолемея долготы апогеев следующие: 1) 233°; 2) 161°; 3) 115° 30′.

В De Revolutionibus долготы апогеев планет приведены два раза: в звездном каталоге второй книги — Сатурн 226° 30′, Юпитер 154° 24′, Марс 109° 50′— и в пятой книге — Сатурн 240° 21′, Юпитер 159° 0′, Марс 119° 40′.

21 Поставленные в квадратных скобках слова «1 части» для Марса в тексте отсутствуют.

Интересно сравнить с этими данными запись, сделанную Коперником на вкладном листе в Альфонсовых таблицах. В этой записи величины полудиаметров первого и второго эпициклов полностью совпадают с данными в Commentariolus. Для Марса повторяется даже пропуск одной части в величине, данной для второго эпицикла, но для первого эпицикла Коперник пропустил число шестидесятых.

Если сравнить полученные величины со значениями отношений радиуса деферента к эксцентриситету, который во второй системе Коперника, изложенной в пятой книге De Revolutionibus, равняется радиусу первого эпицикла в первой системе, то получится такая таблица:

	Commentariolus	De Revolutionibus
Сатурн	25 : 19; 41	1090 : 854 = 25 : 19; 35
Юпитер	25 : 10; 6	1916 : 687 = 25 : 8; 58
Марс	25 : 5; 34	6580 : 1460 = 25 : 5; 33

22 «...относительного положения...»— в тексте технический термин астрологии «аспект».

23 Мысль Коперника заключается в следующем. Если требуется определить движение тела по отношению к движущейся системе отсчета, то надо остановить последнюю, прибавив к обеим телам направленные в противоположные стороны скорости движения системы отсчета.

24 Когда угол между лучами зрения к Солнцу и к планете составляет 60°— угол правильного треугольника.

25 Опять мнение Птолемея, от которого Коперник отказался в De Revolutionibus.

26 Соответствующие звезды будут β Geminorum (Поллукс) и φ Tauri (отождествление последней несколько сомнительно). Так как долгота Поллукса по каталогу Ко-

перника равна 80°, то восходящие узлы Сатурна и Юпитера соответствуют 88° 30′ и 76° долготы. Если долгота φ Tauri равна 25° 30′, то восходящий узел Марса будет на 19°. В шестой книге De Revolutionibus долготы восходящих узлов предполагаются равными для Сатурна 127°, для Юпитера 117° и для Марса 37° (на 90° западнее точки с наивысшей широтой), причем эти данные приведены «для нашего времени», так что узлы тоже предполагаются перемещающимися.

27 Поучительно сравнить величины наклонов планетных орбит у Птолемея, в шестой книге De Revolutionibus и в Commentariolus. У Птолемея (кн. XIII, 3) наклоны эксцентров остаются постоянными и равными для Сатурна 2° 30′, для Юпитера 1° 30′ и для Марса 1°. Изменение широты считается совершающимся вследствие изменений наклона эпициклов к плоскости эксцентра. В шестой книге De Revolutionibus предполагается, что плоскости эпициклов совпадают с плоскостями эксцентров; таким образом, изменение широты происходит как бы при помощи изменения наклонов эксцентров; величины этих наклонов вместе с их колебаниями, приведенные в шестой книге De Revolutionibus и Commentariolus, сопоставлены ниже.

	Commentariolus	De Revolutionibus
Сатурн	2° 34′ ± 6′	2° 30′ ± 14′
Юпитер	1° 34′ ± 6′	1° 30′ ± 12′
Марс	1° ± 50′	1° ± 51′

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что средние значения углов наклона для всех трех верхних планет полностью совпадают с данными Птолемея, в Commentariolus же для Сатурна и Юпитера они отличаются. Это можно объяснить тем, что во время написания шестой книги De Revolutionibus Коперник мог пользоваться привезенным ему Ретиком греческим текстом Птолемея, во время же составления Commentariolus он имел только «Эпитому» Региомонтана.

28 Точный перевод двух последних фраз представляет некоторые трудности, хотя сама идея соответствующего механизма ясна из описания (De Revolutionibus, кн. III, 4). Основная трудность заключается в том, что в обоих списках, по-видимому, выпала какая-то фраза, объяснявшая устройство всего механизма.

В начале текста Коперник говорит о двух концентрических кругах, каждый из которых может перемещать полюсы другого. Для этого необходимо, чтобы полюсы одного круга лежали на окружности другого, иными словами плоскости обоих кругов были перпендикулярны. Один из этих кругов, очевидно, представляет Великий круг Земли, а другой — перпендикулярный к его плоскости круг, окружность которого проходит через полюсы Великого круга и орбиты планеты. Эта последняя должна представлять третий круг, о котором в тексте говорится лишь ниже (orbis epicyclos deferens — круг, несущий эпициклы, т. е. деферент, в плоскости которого расположены эпициклы).

Изменение широты происходит от двух причин — собственного движения планеты по ее орбите (производится вращением деферента) и движения Земли; влияние последнего Коперник учитывает при помощи гармонического колебания, которое совершается механизмом, аналогичным описанному в гл. IV третьей книги De Revolutionibus. Описание этого механизма занимает последнюю часть абзаца, помещенную после многоточия, в тексте, конечно, отсутствующего.

Этот механизм тоже состоит из трех кругов (inferior, superior и supremus), лежащих в одной плоскости, перпендикулярной к плоскости круга и содержащей полюсы эклиптики и орбиты планеты. Центр самого верхнего (supremus) круга совпадает с указанным средним положением полюса орбиты, радиус его мы можем положить равным наибольшему отклонению полюса от среднего положения. Два

остальных круга имеют радиусы одинаковой длины (deflexio — отклонение), равной половине радиуса верхнего круга. Центр круга, непосредственно лежащего под первым (immediate superioris), совпадает с центром последнего; сам круг вращается с угловой скоростью вращения Земли по ее орбите, а его окружность несет центр последнего круга (inferioris), который вращается в сторону, противоположную (contra) движению предшествующего круга, с двойной скоростью.

Порядок описания в тексте Коперника обратный нашему: он начинает с последнего (inferior), затем описывает второй (immediate superior — непосредственно вышележащий) и заканчивает первым (supremus).

29 Иными словами апогей Венеры совпадает с солнечным.

30 В De Revolutionibus механизм движения Венеры несколько иной: там движение Венеры определяется при помощи двух эксцентров.

31 Reflexio — буквально отражение. В шестой книге De Revolutionibus Коперник, следуя греческому тексту Птолемея, называет их обликвациями.

32 Мы сказали бы: имея один и тот же или разные знаки.

Послание против Вернера

1 Иоганн Вернер (1468—1528) родился в Нюрнберге и принадлежал к кругу гуманиста Виллибальда Пиркгеймера. Получив образование в школе родного города, он посещал различные немецкие университеты, а также провел пять лет в Италии, главным образом в Риме. По возвращении в 1498 г. в Нюрнберг занимал в нем ряд духовных должностей. Рассматриваемая книга De motu octavae sphaerae выпущена в 1522 г.

Бернард Ваповский, краковский каноник и товарищ Коперника по университету. Занимался географией и историей Польши. Умер в 1585 г.

2 Вопрос о движении восьмой сферы, т. е. неподвижных звезд, был тесно связан с теоретическими объяснениями прецессии, дававшимися астрономами эллинистической эпохи и средневековья. Во время последнего существовали две конкурировавшие между собой теории: в одной прецессионное движение считалось происходящим все время в одном и том же направлении, в другой это движение имело характер колебания как по долготе, так и по широте. Колебательное движение по долготе рассматривалось в так называемой теории наступания и отступания (theoria accessus et recessus), первые следы которой замечаются уже в IV в. н. э.

Для астрономов времени создания вавилонской вычислительной планетной астрономии, обнимающей эпоху персидской монархии и последующую эллинистическую, было характерно составление «по зигзагам» назад и вперед равномерных движений. Эллинистические астрономы и их арабские последователи не допускали таких внезапных изменений направления движений и заменяли их колебательными движениями, получаемыми в результате проектирования круговых движений.

Соответствующая теория известна из сочинения De motu octavae sphaerae, приписываемого знаменитому харранцу Сабиту ибн-Курра и дошедшего в большом числе рукописей. Теория Сабита обладала тем достоинством, что она одновременно объясняла и изменение угла наклона эклиптики; величина его тоже колеблется около среднего значения 23° 30′; ее недостаток заключался в том, что требуемого ей колебательного движения равноденственных точек в действительности не наблюдалось. Поэтому наравне с ней продолжала существовать старая теория Гиппарха—Птолемея, согласно которой движение равноденственных точек все время происходило в одном и том же направлении. Астрономы, принимавшие

участие в составлении Альфонсовых таблиц (вторая половина XIII в.), соединили обе эти теории вместе; по их представлениям сфера неподвижных звезд обладала тремя движениями — трепидацией, регулярной прецессией Гиппарха — Птолемея и суточным движением. Согласно воззрениям того времени, каждое движение требовало особой сферы; таким образом, появились, кроме восьмой, еще две лишенные звезд сферы, а именно девятая и десятая, сообщавшие всем остальным сферам движение регулярной прецессии и суточное вращение.

3 Цензорин — писатель эпохи Августа, автор трактата «О дне рождения» (De die natali). Кай Церилий — адресат Цензорина — в действительности был Квинтом Цереллием (Caerellius), как читается в современных изданиях рассматриваемой книги.

4 Действительно, 747 лет 130 дней — промежуток между эрой Набонассара и начальной точкой христианского летосчисления, — сложенные с 138 годами 88 днями и 5 $^1/_2$ часа, дают 885 лет 218 дней и 5 $^1/_2$ часа.

5 Для понимания этого места следует помнить, что в языке Коперника motus aequalis означает и равномерное движение и то, которое мы называем средним. «Униформность» (uniformitas) — термин средневековой науки De latitudinibus formarum, соответствующий равномерности движения в самом узком (современном) смысле этого слова.

6 «Аристарха» ошибочно вместо «Аристилла». Как показал Биркенмайер, ошибка Коперника произошла вследствие того, что он пользовался «Эпитомой», составленной Региомонтаном.

7 В действительности в шестом: «Следовательно, если движение неподвижных звезд в течение 400 лет было таким, что за каждое столетие проходился только один градус, то отсюда вытекает, что это самое движение приблизительно за четыреста лет до Птолемея было униформным и равномерным».

8 Предложение 11 Вернера: «...видимое или неравномерное движение сферы неподвижных звезд, или восьмой, вызывается тем обстоятельством, что начальные точки знаков Рака и Козерога эклиптики на девятой сфере описывают небольшие круги. Это вращение Сабитом, а также в Альфонсовых таблицах называется движением наступания или отступания, или трепидацией восьмой сферы. Эта трепидация происходит иногда в направлении последовательности знаков, иногда же в обратном. Поэтому движение неподвижных звезд бывает иногда медленным, а иногда быстрым. Ясно, кроме того, что движение неподвижных звезд складывается из равномерного движения восьмой сферы и трепидации, или движения наступания и отступания девятой сферы по небольшим кругам».

В предложении 13 Вернер говорит: «Поэтому ясно, что во времена Птолемея начальные точки знаков Рака и Козерога девятой сферы находились вблизи вышеупомянутых пересечений малых кругов с эклиптикой десятой сферы».

9 Исправление в угловых скобках сделано согласно переводу Розена, имевшего подлинник сочинения Вернера.

10 Относительно Агриппы и Менелая см. примечание к главам II и VI третьей книги De Revolutionibus.

11 Соответствующее место у Вернера таково: «Это ясно относительно наблюдений Тимохара, которые для неподвижной звезды, называемой Аристой, дают величины, меньшие получаемых из моих вычислений, а для звезды во лбу Скорпиона, самой северной из трех блестящих, наоборот, дают величины, большие моих: если бы эти наблюдения Тимохара, и то и другое, были верными, то они давали бы величины, которые были бы одновременно или больше, или меньше моих. Следовательно, на мои таблицы следует полагаться не менее, чем на наблюдения и открытия древних, что я здесь и хотел выявить вышеприведенными примерами».

12 Спика (α Virginis).

[13] Это найденная Вернером величина смещения за промежуток времени между Тимохаром и Птолемеем (точнее $4°7'3^1/_2''$).

[14] В предложении 22 Вернер говорит: «...Поэтому мои таблицы уменьшают положение этой звезды на 13 минут...» и далее «...Однако мои расчеты превышают наблюдения Тимохара на 12 минут...».

Ретик. Первое повествование

[1] Георгий Иоахим Ретик родился в феврале 1514 г. в г. Фельдкирхе (Форарльберг); свое имя Rheticus получил от Ретии (Rhaetia или Rhetia) — древнего названия его родины. Учился математике сначала дома у своего отца, затем в Цюрихе и Италии. В 1532 г. окончил курс в Виттенбергском университете и по протекции Меланхтона получил там кафедру математики. Осенью 1538 г. находился в Нюрнберге, где познакомился с Иоганном Шонером, занимавшим кафедру математики в учрежденной по совету Меланхтона нюрнбергской гимназии.

В 1539 г. из Познани Ретик отправляется в Пруссию, к Копернику. Он привозит Копернику в подарок ряд книг, в том числе греческий текст «Альмагеста» Птолемея. Результатом изучения рукописи Коперника явилось «Первое повествование», которое Ретик выпустил в Данциге зимой 1539—1540 гг. Книга вызывает интерес, и известный нюрнбергский издатель Петрей пишет Ретику о своем желании издать ее. В 1541 г. Ретик уезжает из Вармии, где пребывание стало для него как протестанта опасным, и возвращается в Виттенберг, где встречает плохой прием: ему запрещают читать о новой теории. В мае 1542 г. Ретик издает «Тригонометрию» Коперника, которая сразу вызывает неприязнь у Шонера, обвинившего Коперника в плагиате.

Позиция друзей, а также то, что Коперник в своем посвящении папе Павлу III не упоминает о нем (поскольку Ретик был протестантом, для Коперника это было невозможно),— все это приводит к тому, что энтузиазм Ретика к новой теории ослабевает и издание «О вращениях» он передает Осиандеру. В дальнейшем Ретик занимается изданием «Конических сечений» Аполлония (из архива Региомонтана) и в Виттенберг уже не возвращается. В 1542 г. Ретик становится профессором в Лейпциге, где в 1551 г. выпускает «Новые эфемериды» (по Копернику), а затем уезжает. Знавший его эйхштедтский пастор Крёгер пишет о нем: Excellens mathematicus qui vixit et docuit Lipsiae aliquandiu, post vero circa annum 1550 ea urbe aufugit propter Sodomitica et Italica peccata.

Начинаются годы странствий Ретика. Он пробует осесть в Польше, где в 1564 г. становится врачом и астрологом короля Сигизмунда II Августа. В это время Ретик работает над изданием десятизначных тригонометрических таблиц (Opus Palatinum)), которые после его смерти (4 декабря 1574 г.) были выпущены его учеником Валентином Ото.

[2] Цитата из Didascalicos — элементарного изложения философии Платона, которое ранее приписывалось философу-платонику Алкиною (вероятно, I в. н. э.); в настоящее время считают, что автором этого сочинения является смирнский платоник Альбин (середина II в. н. э.), учитель знаменитого медика Галена.

[3] 14 мая 1539 г.

[4] Лебау — г. Любава на севере Польши, в Ольштынском воеводстве.

[5] 295/4 г. до н. э.

[6] В торнском издании ошибочно «от Тимохара». Эта ошибка первого издания Narratio была исправлена Местлином в четвертом и пятом изданиях (1596 и 1621 гг.).

[7] У Коперника указана величина $^1/_{106}$ дня; соответствующее исправление было введено в наш текст Местлином.

[8] Diversitates aspectus Solis — солнечный параллакс.

[9] Эти 22 вторых шестидесятых представляют разность между величинами тропического года у Птолемея (365; 14,48 дней) и у Альбатегния (365; 14,26 дней).
[10] Это составляет 11/83·360°=47° 42′ 40″,что соответствует наклону эклиптики 23°51′20″.
[11] В действительности за 300 лет.
[12] 369 = 321 + 1/2·96.
[13] Это не ветхозаветный пророк Илия, о сочинениях которого из Библии ничего не известно. Соответствующее место, по-видимому, взято Ретиком из Талмуда.
[14] Сумма прецессионного движения 50″ (против последовательности знаков) и движения апогея 25″ (в направлении последовательности знаков).
[15] Пико делла Мирандола (1463—1494) — знаменитый итальянский гуманист, противник астрологии, автор Disputationes adversus astrologos, вышедших в Венеции в 1498 г.
[16] Марк Беневентский — товарищ Коперника по Болонскому университету, последователь философии номиналистов и любитель астрономии и географии. О движении неподвижных звезд он писал в своей De motu octavae sphaerae.
[17] Разность между тропическим годом и египетским в 365 дней составляет 0; 14,34 дня. Умножив ее на 285, получаем 69; 11,30 (у Ретика 69;9). Считая юлианский год равным 365 $^1/_4$ дням, находим за 285 лет 285·$^1/_4$= 71 $^1/_4$ = 71; 15 дней. Разность 71;15—69;9 дает нам 2;6 дня.
[18] Выше было «один день без $^1/_{20}$», т. е. один без 3 шестидесятых, или 0;57, что и требовалось доказать.
[19] 743·0;14,34 = 180;23,2 дня (у Ретика 180;14). Далее 743·$^1/_4$ = 185$^3/_4$ = 185;45 дней. Вычитая отсюда 180;14, получим 5;31 дня.
[20] 22′+ 47′= 1°9′. Так как этому соответствует 1;30 дня, то, вычитая их из 180;14, получим 178;44.
[21] «Ignoti nulla cupido» (Овидий, Искусство любви, III, 397).
[22] Плиний. Естественная история, кн. XI, 17.
[23] Гален. De usu partium, кн. X, 14, 15.
[24] «О мире»— приписываемый Аристотелю трактат более позднего происхождения (заметно влияние стоической философии).
[25] «Подразумеваются отрицатели эпициклов и эксцентров»— замечание Ретика на полях первого издания книги.
[26] О небе, кн.II , 5, 287 b 34—288 a 1.
[27] Метафизика, кн. XII, 8, 1073 b 32—1074 a 5.
[28] «Аристарх»— в смысле критика. Арабский философ ибн-Рошд (XII в.) критиковал теорию Птолемея с точки зрения ее несоответствия установленным началам философии Аристотеля.
[29] Приведенная Птолемеем цитата из девятой книги «Никомаховой этики» Аристотеля.
[30] «Никомахова этика», 1094 b 23—25.
[31] В подлинниках Платона таких слов нет.
[32] Цитированные слова Платона в несколько измененном виде имеются в «Государстве», кн. VII.
[33] Метафизика, кн. 2, 943 b 26—27.
[34] Вергилий. Энеида, кн. III, 192—193.
[35] Стихи неаполитанского поэта Джованни Понтано (1426—1503), Urania. Его избранные произведения имелись в библиотеке Коперника.
[36] Плиний. Естественная история, кн. II.
[37] В системе Птолемея деферент Венеры соответствовал видимому движению Солнца относительно Земли, т. е. имел величину орбиты последней, а эпициклом была собственная орбита Венеры вокруг Солнца. Деферент, естественно, не умещался в промежутке между сферами Венеры и Солнца.

38 Относительно эквантов см. гл. II четвертой книги De Revolutionibus.

39 «Поворачивающееся»— в подлиннике convertibilis. Ретик хочет сказать, что ось Земли, а также линия пересечения плоскостей экватора и эклиптики вращаются, но угол наклона остается неизменным.

40 В торнском издании ошибочно 59 минут 8 секунд и 2 терции. Число 11 принято за римское II.

41 В De Revolutionibus Коперник указывает несколько иные величины: $^1/_{37}$ или $^1/_{38}$ для Марса и чуть больше $^1/_6$ для Венеры.

42 «Послесловие к законам», 990 в.

43 «Эпитома», кн. XIII, 21: «Однако нахождение такого рода деклинаций для любого положения эпицикла на эксцентре является далеко не легким делом. Поэтому необходимо обращать внимание на другие способы, при помощи которых широты для остальных положений эпицикла могут быть легко определены приблизительно».

44 Метафизика, XII, 8.

45 Платон. Федр.

46 Дугой видимости (arcus visionis) называется дуга, на которую должно опуститься под горизонт солнце, чтобы планета могла быть впервые увидена над горизонтом.

47 Речь идет о параллактических смещениях, из которых первое определяется радиусом земной орбиты, а второе — радиусом Земли.

48 Вместе с термином «деклинация» Ретик употребляет для обозначения второго вида изменения широты старый термин «отражение» (reflexio), замененный Коперником на «обликвацию».

49 Как можно понять из самого текста De Revolutionibus, изображаемая Ретиком картина будет такова.

К неподвижной средней плоскости восстанавливается перпендикуляр, заканчивающийся северным полюсом средней плоскости; вокруг него сферическим, т. е. дуговым, радиусом описывается горизонтальная окружность, по которой будет двигаться (у Ретика более образно — которая будет двигать) северный полюс истинной плоскости; эта истинная плоскость пересечет среднюю по прямой, которая, естественно, будет сама перемещаться; периоды вращения Венеры по истинной плоскости, а также указанной линии пересечения будут одинаковы и равны одному году. Указанная линия пересечения (которую Ретик определяет довольно замысловато, откладывая по 90° от пересечений со средней плоскостью еще одну вертикальную плоскость, проведенную через полюсы средней и истинной плоскостей) является сама осью вращения для истинной плоскости, или, точнее, ее колебательного движения тоже с годичным периодом; у Ретика оно символизируется колебанием полюса неподвижной плоскости по диаметру горизонтальной «подвижной» окружности.

50 Овидий. Искусство любви, 1.

51 De mundo, 391 a 23—24. В действительности Аристотелю не принадлежит.

52 Седьмая олимпийская ода.

53 Иоганн Ангел — профессор астрономии Ингольштадтского и Венского университетов, работал над «доказательством ложности планетных движений», но даже в год своей смерти (1512) отложил опубликование своих работ на более долгий срок.

54 О небе, кн. II.

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции 5

О ВРАЩЕНИЯХ НЕБЕСНЫХ СФЕР

Святейшему повелителю великому понтифику Павлу III предисловие Николая Коперника к книгам о вращениях 11

Книга первая

Вступление 16

Глава I. О том, что мир сферичен 18

Глава II. О том, что Земля тоже сферична 18

Глава III. О том, каким образом земля с водой составляют единый шар . . . 19

Глава IV. О том, что движение небесных тел вечное, равномерное и круговое или составлено из круговых движений 20

Глава V. О том, свойственно ли Земле круговое движение, и о месте Земли 22

Глава VI. О неизмеримости неба по сравнению с величиной Земли 23

Глава VII. Почему древние полагали, что Земля неподвижна в середине мира и является как бы его центром 25

Глава VIII. Опровержение приведенных доводов и их несостоятельность . . 26

Глава IX. О том, можно ли приписать Земле несколько движений, и о центре мира 30

Глава X. О порядке небесных орбит 30

Глава XI. Доказательство тройного движения Земли 36

Глава XII. О прямых линиях, стягиваемых дугами 41

Глава XIII. О сторонах и углах плоских прямолинейных треугольников . . 57

Глава XIV. О сферических треугольниках 60

Книга вторая

Глава I. О кругах и их наименованиях 72

Глава II. О наклоне зодиака, расстоянии тропиков и о том, как они определяются 73

Глава III. О дугах и углах между пересекающимися кругами — равноденственным, зодиаком и меридианом, по которым определяются склонение и прямое восхождение, и об их вычислении 75

Глава IV. О том, каким образом можно найти склонение и прямое восхождение любого светила, находящегося вне круга и проходящего по средней линии зодиака, если известна широта и долгота светила, а также вместе с каким градусом зодиака это светило разделяет небо пополам 82

Глава V. О сечениях горизонта 83

Глава VI. О том, каковы различия полуденных теней 84

Глава VII. О том, каким образом определяется взаимная связь величины наибольшего дня, широты места восхода и наклонности сферы, а также об остальных различиях дней 85
Глава VIII. О часах и подразделениях дня и ночи 94
Глава IX. О косом восхождении градусов зодиака и о том, как для каждого восходящего градуса определяется тот, который делит небо пополам . . 94
Глава X. Об угле пересечения зодиака с горизонтом 96
Таблицы восхождений знаков и углов, составляемых зодиаком с горизонтом 98
Глава XI. Об употреблении этих таблиц 102
Глава XII. Об углах и дугах, проведенных через полюсы горизонта к тому же кругу зодиака 102
Глава XIII. О восходе и заходе звезд 103
Глава XIV. Об определении мест звезд и табличном описании неподвижных звезд 105
Каталог знаков зодиака и звезд 110

Книга третья

Глава I. О предварении равноденствий и солнцестояний 158
Глава II. История наблюдений, доказывающих неравномерность предварения равноденствий и солнцеворотов 160
Глава III. Предположения, которыми можно объяснить изменение равноденствий и наклонности зодиака к равноденственному кругу 162
Глава IV. О том, каким образом колебательное, или либрационное, движение составляется из круговых 165
Глава V. Доказательство неравномерности движений, предваряющих равноденствия и изменяющих наклон 166
Глава VI. О равномерных движениях предварения равноденствий и наклонности зодиака 168
Глава VII. О том, какова наибольшая разность между средним и видимым предварением равноденствий 176
Глава VIII. О частных значениях разностей указанных движений и составлении их таблиц 178
Глава IX. Об уточнении и исправлении всего изложенного относительно предварения равноденствий 181
Глава X. О том, какова наибольшая величина разности угла в сечении равноденственного круга и зодиака 182
Глава XI. Об установлении эпох средних движений равноденствий и аномалии 183
Глава XII. О вычислении предварения весеннего равноденствия и наклона зодиакального круга 185
Глава XIII. О величине и различиях солнечного года 187
Глава XIV. О равномерных и средних движениях в обращениях центра Земли 191
Глава XV. Предварительные теоремы для определения неравенства видимого движения Солнца 199

Глава XVI. О видимом неравенстве Солнца 204
Глава XVII. Определение первого, или годичного, солнечного неравенства с особыми его значениями 207
Глава XVIII. Об уточнении равномерного движения по долготе 208
Глава XIX. Об установлении исходных пунктов равномерного движения Солнца 210
Глава XX. О втором и двойном неравенстве, которое получается вследствие изменения апсид Солнца 211
Глава XXI. О том, какова величина второй разности солнечного неравенства 214
Глава XXII. О том, как определяется среднее движение солнечного апогея вместе с неравномерным 216
Глава XXIII. Об исправлении солнечной аномалии и установлении ее исходных точек 216
Глава XXIV. Составление таблицы неравенств среднего и видимого движений 217
Глава XXV. О вычислении видимого положения Солнца 220
Глава XXVI. О νυχθήμερον, то есть о различиях естественных суток 221

Книга четвертая

Глава I. Предположения о лунных кругах согласно мнению древних 225
Глава II. О недостатке вышеприведенных предположений 227
Глава III. Другое мнение о движении Луны 229
Глава IV. О вращениях Луны и ее особых движениях 231
Глава V. Объяснение первого неравенства движения Луны, которое бывает в новолуниях и полнолуниях 240
Глава VI. Проверка того, что было изложено относительно средних движений Луны по долготе, а также аномалии 247
Глава VII. Об исходных точках для лунной долготы и аномалии 247
Глава VIII. О втором неравенстве Луны и о том, какое отношение первый эпицикл имеет ко второму 248
Глава IX. О последнем неравенстве, с которым Луна кажется неравномерно движущейся от верхней апсиды эпицикла 250
Глава X. О том, как видимое движение Луны определяется при помощи заданных равномерных 251
Глава XI. Составление таблиц простаферезов, или лунных уравнений . . . 253
Глава XII. О вычислении лунного движения 257
Глава XIII. О том, каким образом исследуется и определяется движение широты Луны 258
Глава XIV. Об эпохах аномалии движения Луны по широте 260
Глава XV. Устройство параллактического инструмента 262
Глава XVI. О том, как определяются параллактические смещения Луны . . 263
Глава XVII. Определение расстояния Луны от Земли и как оно выражается в частях, если расстояние от центра Земли до поверхности принять за одну часть 265
Глава XVIII. О диаметре Луны и земной тени в месте прохождения Луны . . 267

Глава XIX. О том, каким образом одновременно определяются расстояния Солнца и Луны от Земли, диаметры их и тени в месте прохождения Луны, а также ось тени 268
Глава XX. О величине трех упомянутых светил — Солнца, Луны и Земли — и об их соотношениях 271
Глава XXI. О видимом диаметре Солнца и его параллактических смещениях 271
Глава XXII. О неодинаковости видимого диаметра Луны и об ее параллактических смещениях 272
Глава XXIII. О мере изменения земной тени 273
Глава XXIV. Составление таблицы различных значений параллактических смещений Солнца и Луны для круга, проходящего через полюсы горизонта 274
Глава XXV. О вычислении параллакса Солнца и Луны 280
Глава XXVI. О том, как различаются параллаксы по долготе и по широте 281
Глава XXVII. Подтверждение изложенного относительно лунных параллаксов 283
Глава XXVIII. О средних соединениях и противостояниях Луны и Солнца 284
Глава XXIX. Об исследовании истинных соединений и противостояний Солнца и Луны 287
Глава XXX. О том, как отличаются от других эклиптические соединения или противостояния Солнца и Луны 288
Глава XXXI. О том, какова будет величина затмения Солнца или Луны . . . 289
Глава XXXII. К предсказанию продолжительности затмения 290

Книга пятая

Глава I. Об обращениях и средних движениях планет 293
Глава II. Объяснение среднего и видимого движений планет согласно мнению древних 306
Глава III. Общее объяснение кажущейся неравномерности вследствие движения Земли 307
Глава IV. О том, каким образом собственные движения планет могут казаться неравномерными 309
Глава V. Объяснение движения Сатурна 312
Глава VI. О трех других недавно наблюдавшихся акронихических положениях Сатурна 316
Глава VII. О проверке движения Сатурна 321
Глава VIII. Об установлении исходных положений Сатурна 322
Глава IX. О параллактических обращениях Сатурна, получающихся вследствие годового движения Земли по орбите, и о том, каково его расстояние от Солнца 322
Глава X. Определение движения Юпитера 324
Глава XI. О трех других недавно наблюдавшихся акронихических положениях Юпитера 327
Глава XII. Подтверждение расчетов среднего движения Юпитера 332
Глава XIII Установление исходных точек движения Юпитера 332

Глава XIV. Об определении параллактических движений Юпитера и его высоты по отношению к земной орбите 333
Глава XV. О планете Марс 335
Глава XVI. О трех других недавно наблюдавшихся противостояниях планеты Марс 338
Глава XVII. Подтверждение расчета движения Марса 341
Глава XVIII. Установление исходных точек для Марса 341
Глава XIX. О том, какова величина орбиты Марса, выраженная в частях, одной из которых является «радиус» годичной орбиты Земли 342
Глава XX. О планете Венере 344
Глава XXI. О том, каково отношение диаметров орбит Венеры и Земли . . . 346
Глава XXII. О двойственном движении Венеры 347
Глава XXIII. Об исследовании движения Венеры 348
Глава XXIV. Об исходных точках аномалии Венеры 352
Глава XXV. О Меркурии 352
Глава XXVI. О положении верхней и нижней апсид Меркурия 355
Глава XXVII. О том, каков эксцентриситет Меркурия и какова соразмерность его орбит 356
Глава XXVIII. По какой причине отклонения Меркурия вблизи гексагональных аспектов кажутся бо́льшими тех, которые получаются в перигее . . 359
Глава XXIX. Исследование среднего движения Меркурия 360
Глава XXX. О недавних наблюдениях движения Меркурия 362
Глава XXXI. Об установлении исходных точек для Меркурия 368
Глава XXXII. О некотором другом представлении приближения и удаления 368
Глава XXXIII. О таблицах простаферезов пяти планет 370
Глава XXXIV. О том, как вычисляются положения пяти планет по долготе 381
Глава XXXV. О стояниях и попятных движениях пяти блуждающих светил 382
Глава XXXVI. О том, как определяются времена, места и дуги попятных движений 385

Книга шестая

Глава I. Общие сведения о движениях пяти планет по широте 388
Глава II. Предположения о кругах, которыми эти планеты движутся по широте 390
Глава III. О том, какова величина наклонения орбит Сатурна, Юпитера и Марса 395
Глава IV. О вычислении широт этих трех светил в других положениях и вообще 397
Глава V. О широтах Венеры и Меркурия 398
Глава VI. О втором отклонении Венеры и Меркурия по широте вследствие наклонности их орбит в апогее и перигее 401
Глава VII. О том, каковы углы обликваций для каждой планеты — Венеры и Меркурия 403
Глава VIII. О третьем виде широты Венеры и Меркурия, который называют девиацией 406
Глава IX. О вычислении широт пяти планет 415

**МАЛЫЙ КОММЕНТАРИЙ
ПОСЛАНИЕ КОПЕРНИКА ПРОТИВ ВЕРНЕРА.
УПСАЛЬСКАЯ ЗАПИСЬ**

Николая Коперника малый комментарий относительно установленных им гипотез о небесных движениях 419
О порядке сфер 420
О видимых движениях Солнца 421
О том, что равномерность движения должна определяться по отношению не к равноденствиям, но к неподвижным звездам 422
О луне 423
О трех верхних планетах — Сатурне, Юпитере и Марсе 424
О Венере 427
О Меркурии 429
Послание Коперника против Вернера 431
Упсальская запись 438
Примечания 458

ПРИЛОЖЕНИЯ

От переводчика 469
А. А. Михайлов. Николай Коперник. Биографический очерк 471
Георгия Иоахима Ретика о книгах вращений Николая Коперника первое повествование к Иоанну Шонеру 488
О движении неподвижных звезд 489
Общие соображения относительно года, считаемого от равноденствия . . 491
Об изменении наклона эклиптики 493
Об эксцентриситете и движении апогея Солнца 494
О том, что соответственно движению эксцентра сменяются мировые монархии 495
Специальное рассмотрение величины года считаемого от равноденствий 498
Общие соображения о движениях Луны вместе с новыми гипотезами господина наставника 502
Основные причины, по которым следует отступать от гипотез древних астрономов 505
Переход к перечислению новых гипотез всей астрономии 508
Расположение Вселенной 509
О том, какие движения соответствуют Великому кругу и с ним связанным. Три движения Земли — суточное, годовое и деклинационное 513
О либрациях 517
Вторая часть гипотез о движениях пяти планет 522
Гипотезы о движении пяти планет по долготе 526
О том, каким образом планеты кажутся отклоняющимися от эклиптики . 533
Похвала Пруссии 540

Комментарии

О вращениях небесных сфер 552
Книга первая 554
Книга вторая 569
Книга третья 581
Книга четвертая 599
Книга пятая 608
Книга шестая 630
Малый комментарий 637
Послание против Вернера 642
Ретик. Первое повествование 644

Николай Коперник

О вращениях небесных сфер

Утверждено к печати
редколлегией серии «Классики науки» АН СССР

Редакторы издательства *Г. Г. Гуськов, А. Т. Морозова, Э. Н. Терентьева*
Технический редактор *А. П. Гусева*
Суперобложка художника *А. Я. Михайлова*

Сдано в набор 13/XI 1963 г. Подписано к печати 17/III 1964 г.
Формат 70×90 1/16. Печ. л. 41 л.+1 вкл.=47,97 усл. печ. л.+1 вкл.
Уч.-изд. л. 44. Тираж 1600 экз. Изд. № 1763. Тип. зак. 2914
Цена 3 р. 28 к.

Издательство «Наука».
Москва, К-62, Подсосенский пер., 21

2-я типография издательства «Наука».
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

СЕРИЯ «КЛАССИКИ НАУКИ»

Имеются в наличии:

Бируни А. Р. Собрание сведений для познания драгоценностей. 1963. 518 стр. 2 р. 75 к.

Бредихин Ф. А. Этюды о метеорах. Этюды о происхождении космических метеоров и образовании их потоков. 1954. 608 стр. 80 коп.

Бугер П. Оптический трактат о градации света. 1950. 478 стр. 60 коп.

Бэр К. М. История развития животных. Наблюдения и размышления. Том II. 1853. 627 стр. 80 коп.

Везалий А. О строении человеческого тела. Том II. 1954. 960 стр. 1 р. 20 к.

Гаюи Р. Ж. Структура кристаллов. 1962. 176 стр. 94 коп.

Гесс Г. И. Термохимические исследования. 1958. 203 стр. 86 коп.

Гете И. В. Избранные сочинения по естествознанию. 1957. 555 стр. 2 р. 31 к.

Клаус К. К. Избранные труды по химии платиновых металлов. 1954. 302 стр. 1 р. 33 к.

Ламарк Ж. Б. Избранные произведения. В 2-х томах.
Том I. 1955. 968 стр. 1 р. 50 к.
Том II. 1959. 895 стр. 3 р. 55 к.

Ланжевен П. Избранные труды. 1960. 755 стр. 2 р. 56 к.

Лебедев С. В. Избранные работы по органической химии. 1958. 670 стр. 3 руб.

Менделеев Д. И. Периодический закон.
Вып. 1. 1958. 830 стр. 3 р. 30 к.
Вып. 2. Дополнительные материалы. 1960. 711 стр. 3 р. 10 к.

Остроградский М. В. Избранные труды. 1958. 583 стр. 2 р. 69 к.

Пастер Л. Избранные труды. В 2-х томах.
Том I. 1960. 1012 стр. 4 р. 20 к.
Том II. 1960. 834 стр. 3 р. 40 к.

Рулье Е. Ф. Избранные биологические произведения. 1954. 688 стр. 1 руб.

Струве В. Я. Этюды звездной астрономии. 1953. 234 стр. 40 коп.

Франклин В. Опыты и наблюдения над электричеством. 1956. 272 стр. 1 р. 7 к.

Книги можно приобрести в магазинах «Академкнига».

Для получения книг почтой заказы просим направлять по адресу: Москва, Центр, Б. Черкасский пер., 2/10 магазин «Книга — почтой» Конторы «Академкнига» или в ближайший магазин «Академкнига».

Адреса магазинов «Академкнига»:

Москва, ул. Горького, 6 (магазин № 1); Москва, ул. Вавилова, 55/5 (магазин № 2); Ленинград, Д-120, Литейный проспект, 57; Свердловск, ул. Белинского, 71-в; Новосибирск, Красный проспект, 51; Киев, ул. Ленина, 42; Харьков, Уфимский пер., 4/6; Алма-Ата, ул. Фурманова, 129; Ташкент, ул. Карла Маркса, 29; Баку, ул. Джапаридзе, 13

«Академкнига»

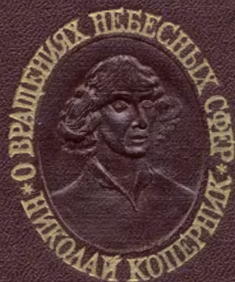
ОПЕЧАТКИ И ИСПРАВЛЕНИЯ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
9	3 сн.	Μηδετζ	Μηδετζ
43	16 св.	ἡεἰσαγωγόν	ἡ εἰσαγωγόν
61	12 сн.	прямую	прямую[54]
99	2 св.	сферы	сферы[53]
158	19 сн.	Но	[2]Но
182	17 св.	*dq*	*dg*
224	7 св.	восходят	[87]восходят
352	4 св.	Но	[94]Но
374	3 сн.	174 186 0 56	174 186 0 35
438	1 сн.	Venetils	Venetiis
508	10 св.	та порода	[25]та порода
564	24 св.	ἡ εἰσαγωγόον	ἡ εἰσαγωγόν
570	7 св.	В	[2]В
601	13 св.	86°98′10″	86°38′10″

Н. КОПЕРНИК

О ВРАЩЕНИЯХ НЕБЕСНЫХ СФЕР





3 руб. 28 к.